Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON

ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON

ERNST LAMLA

BEIRAT:

J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · C. W. CORRENS · H. J. DEUTICKE
H. v. FICKER · R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · K. HENKE
A. KUHN · M. v. LAUE · H. MARTIUS · R. W. POHL

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

40. JAHRGANG **HEFT 16** (ZWEITES AUGUSTHEFT) **1953**

INHALT:

AUFSÄTZE. Seite

Entwicklungsphysiologie und Genetik der pflanzlichen Mißbildungen in den Arbeiten von HUGO DE VRIES. Von C. HARTE 421

Die Atmung als chemischer Regulator. Von H. WINTERSTEIN 427

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN.

Zur Theorie der Bruchvorgänge. Von A. KOCHENDÖRFER . . 432

Zur Schalenstruktur der Atomkerne. II. Von G. SZAMOSI . . 433

Can matter be created out of Cosmic radiation? Von A. K. DAS 433

Absorptionsuntersuchungen an gesteuerten Funkenentladungen. Von J. VAN CALKER 434

Anisotropie der Leitfähigkeit in strömenden Polyelektrolytlösungen. Von U. SCHINDEWOLF 435

Ionisation in kalten Flammen. Von W. JOST und H. G. WAGNER 435

Experimentelle Untersuchungen zum SEELICHschen Modell der biologischen Calciumwirkung. Von K. J. NETTER . . 435

Theorie der Grenzflächenspannungserhöhung durch eine Oberflächenreaktion. Von K. J. NETTER 436

Weitere Beispiele für die Ortskorrelation der Außenelektronen in Kristallen. Von K. SCHUBERT 437

Kristallographische Ergebnisse an Phasen mit Durchdringungsbindung. Von K. SCHUBERT, U. RÖSLER, M. KLUGE, K. ANDERKO und L. HÄRLE 437

The growth of platinum crystals out of $PtCl_4$. Von E. VOTAVA 437

Über die Textur der in Fucus vorkommenden Zellulose. Von J. SCHURZ 438

Zur Parawasserstoffumwandlung durch Biradikale. Von G.-M. SCHWAB und J. VOITLÄNDER 439

Über die Struktur des AgJ. Von L. SIEG 439

Zur Theorie der Chromatographie wäßriger Elektrolytlösungen an Tonerde. Von F. UMLAND und W. FISCHER 439

Photolysis of amino acids in sunlight in presence of the photosensitizer Titanium dioxide. Von K. V. GIRI, G. D. KALYANKAR and C. S. VAIDYANATHAN 440

Synthesen von Glykosiden im homogenen Medium. Von B. HELFERICH, A. DOPPSTADT und A. GOTTSCHLICH 441

Zur Frage der Bindung des Calciums im Serum. Von E. R. MÜLLER 442

Elektronenmikroskopische Aufnahmen von Kartoffel-X-Virus in gefriergetrocknetem Tabakrohsaft. Von W. KANNGIESSER und B. DEUBNER 442

Potentialmessungen am Reizentstehungsort des Herzmuskels. Von W. TRAUTWEIN und U. GOTTSTEIN 443

Über eine Biotinwirkung weißer Watte. Von D. MÜCKE . . 443

Über einen neuen Weg der Cancerisierung von Zellen in vitro. Von CH. LANDSCHÜTZ 444

Fernsehen. Vorträge über neuere Probleme der Fernsehtechnik

Veranstaltet vom Außeninstitut der Technischen Universität Berlin in Verbindung mit dem Elektrotechnischen Verein Berlin e.V. und der Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft Berlin e.V. Unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. Dr. W. Berndt, Professor Dr.-Ing. W. Heimann, Dr. O. Hilke, Professor Dr.-Ing. F. Kirschstein, Professor Dr. W. Kleen, Dr. H. Körner, C. G. Mayer, Dipl.-Ing. F. Rudert, Professor Dr. W. T. Runge, Professor Dr. F. Schröter, Dr.-Ing. J. Schunack, Dr.-Ing. W. Stöhr, Dr.-Ing. M. Ulner, Dr.-Ing. R. Urtel, Dr.-Ing. H. Werrmann, Dr.-Ing. F. Winckel, Dipl.-Ing. H. Zschau, herausgegeben von Dr. **G. Leithäuser**, Professor an der Technischen Universität Berlin und Dr.-Ing. **F. Winckel**, Privatdozent an der Technischen Universität Berlin. Mit 346 Abbildungen. VIII, 437 Seiten. 1953. Ganzleinen DM 42.—

Inhaltsübersicht: **Wege und Werden des Fernsehens.** Von Prof. Dr. F. Schröter, Madrid. — **Der Stand der internationalen Normung der Fernsehsendungen.** Von Prof. Dr.-Ing. F. Kirschstein, Darmstadt. — **Abtenktechnik des Fernsehens (einschließlich Synchronisierung).** Von Dr.-Ing. R. Urtel, Pforzheim. — **Entwicklung der Fernsehaufnahmeröhren mit besonderer Berücksichtigung des Vidicons.** Von Prof. Dr.-Ing. W. Heimann, Wiesbaden-Dotzheim. — **Studiotechnik.** Von Dipl.-Ing. H. Zschau, Darmstadt. — **Fernsehsendertechnik.** Von Professor Dr. W. T. Runge, Berlin. — **Die Antennenanlagen der Fernsehrundfunksender im UKW-Bereich.** Von Dipl.-Ing. Dr. W. Berndt, Berlin. — **Aufbau von Fernsehantennen aus Richtfeldern.** Von Dr. H. Körner, Berlin, und Dr.-Ing. W. Stöhr, Berlin. — **Die Übertragung von Fernsehsignalen im Weitverkehr.** Von Dr.-Ing. H. Werrmann, München. — **Weitverbindungen, Röhrentechnik und Rauschprobleme.** Von Prof. Dr. W. Kleen, München. — **Fernsehempfang.** Von Dipl.-Ing. F. Rudert, Darmstadt. — **Heimprojektionsempfänger.** Von Dr. O. Hilke, Krefeld-Linn. — **Fernsehgroßprojektion nach dem Eidophorverfahren.** Von Dr.-Ing. F. Winckel, Berlin. — **Film und Fernsehen.** Von Dr.-Ing. M. Ulner, München. — **Fernsehmeßtechnik.** Von Dr.-Ing. J. Schunack, Berlin. — **Farbenfernsehen.** Von Dr.-Ing. R. Urtel, Pforzheim. — **Fernsehen in Amerika.** Von C. G. Mayer, London. **Zusammenfassung und Ausblick.** Von Prof. Dr. F. Schröter, Madrid. — **Sachverzeichnis.**

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Begründet 1913 von *A. Berliner* und *C. Thesing*. 1934/35 herausgegeben von *H. Matthée*, 1936—1944 herausgegeben von *F. Süffert*, 1945—1949 herausgegeben von *A. Eucken*.

Beilage: „Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte".

Bildet die Fortsetzung der „Naturwissenschaftlichen Rundschau". Begründet 1886 und bis 1912 (Jahrgang 27) herausgegeben von *J. Bernstein, V. Meyer, B. Schwalbe, W. Sklarek* u. a. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

Organ der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Organ der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, (seit 1948) Organ der Max-Planck-Gesellschaft.

Die **„Naturwissenschaften"** erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung, in den Westzonen auch jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 15.— DM, für das einzelne Heft 3.— DM, zuzüglich Postgebühren. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%. Für Studierende der Naturwissenschaften ermäßigt sich der Bezugspreis auf vierteljährlich 11,25 DM zuzüglich Zustellgebühren. Lieferung läuft weiter, wenn nicht vier Wochen vor Quartalsschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar.

Nachdruck: Es wird ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung durch den Verlag das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder an den Verlag übergeht. Grundsätzlich dürfen nur Arbeiten eingereicht werden, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind und die auch nachträglich nicht anderweitig zu veröffentlichen der Autor sich verpflichtet.

Es ist ferner ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophote u. ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin W 35, Reichpietschufer 20 [Britischer Sektor], Tel. 249251) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Vertriebs-Vertretung im Ausland:

Lange, Maxwell & Springer Ltd., 242 Marylebone Road, London, N.W. 1

Springer-Verlag
Berlin · Göttingen · Heidelberg

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zeitschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,

(20b) Göttingen, Theaterplatz 10, Fernsprecher 3371.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

Handbuch der analytischen Chemie

Herausgegeben von **W. Fresenius**, Wiesbaden, und **G. Jander**, Berlin.

Dritter Teil: **Quantitative Bestimmungs- und Trennungsmethoden**

Soeben erschienen:

Band Vaβ: **Elemente der fünften Hauptgruppe: Phosphor.** Bearbeitet von Robert Klement, München. **Die Bestimmung der Phosphorsäure im biologischen Material.** Von K. Lang, Mainz. Mit 32 Abbildungen. XIII, 370 Seiten. 1953. DM 72.—

Inhaltsübersicht: 1. Orthophosphorsäure. 2. Pyrophosphorsäure, Metaphosphorsäuren und Polyphosphorsäuren. 3. Phosphorige Säure. 4. Unterphosphorige Säure. 5. Unterphosphorsäure. 6. Phosphin. 7. Elementarer Phosphor.

Band VIIIbγ: **Elemente der achten Nebengruppe.** III: **Platinmetalle.** Platin, Palladium, Rhodium, Iridium, Ruthenium, Osmium. Bearbeitet von G. Bauer, W. Geibel. — **Spektrochemische Bestimmung des Platins.** Von H. Oberländer. Mit 3 Abbildungen. XIII, 118 Seiten. 1953. DM 24.—

Inhaltsübersicht: **Quantitative Analyse der Platinmetalle.** Von G. Bauer und W. Geibel, Hanau. — Allgemeiner Teil. — **Bestimmung der einzelnen Platinmetalle.** Platin. Palladium. Iridium. Rhodium. Osmium. Ruthenium. — **Trennungen.** Allgemeines. Trennung binärer Systeme. Trennungsgänge. — **Sonderfälle.** Reinheitsbestimmung von Platinmetallen. Analyse von Rohplatinwaschkonzentraten. — Spektrochemische Bestimmung des Platins von Hans Oberländer.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Jahrgang 40 Heft 16 (Zweites Augustheft) 1953

Entwicklungsphysiologie und Genetik der pflanzlichen Mißbildungen in den Arbeiten von Hugo de Vries.

Von CORNELIA HARTE, Köln.

Der Botaniker HUGO DE VRIES ist allgemein bekannt als einer der Wiederentdecker der Gesetze der Vererbung und als Begründer der Mutationstheorie.

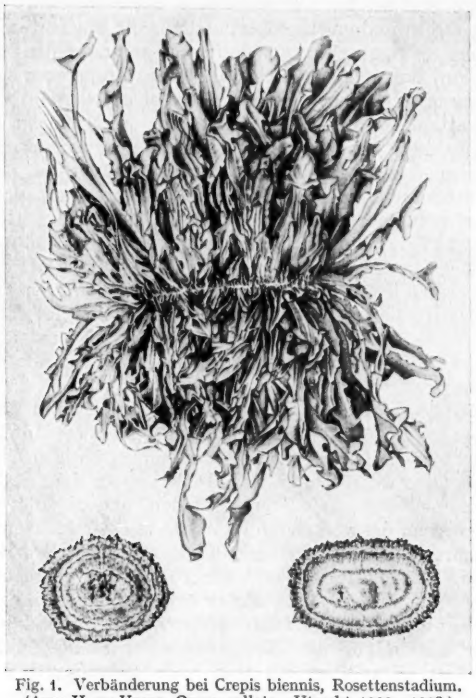


Fig. 1. Verbänderung bei Crepis biennis, Rosettenstadium. (Aus: H. DE VRIES, Opera collata. Utrecht 1920—1928.)

Fig. 2. Zwangsdrehung bei Dipsacus silvestris. (Aus: H. DE VRIES, Opera collata. Utrecht 1920—1928.)

Vor der entscheidenden Veröffentlichung im Jahre 1900 über das Spaltungsgesetz der Bastarde hatte er sich fast 20 Jahre lang mit Fragen der Vererbung und Kreuzungsversuchen befaßt. Seine Objekte waren hierbei vor allem die pflanzlichen Mißbildungen. Aus der Gesamtheit der an Pflanzen vorkommenden Anomalien erregten diejenigen das Interesse von DE VRIES, die wiederholt an Pflanzen der verschiedensten Verwandtschaftskreise beobachtet wurden. Dadurch, daß er bei seinen Untersuchungen darüber immer eine Art in den Vordergrund stellte und die übrigen, soweit sie ihm zugänglich waren, zu ergänzenden Versuchen heranzog, mußte den Ergebnissen Allgemeingültigkeit zukommen. Es handelt sich bei seinen Untersuchungen um 3 Gruppen von Anomalien der oberirdischen Pflanzenteile.

Die erste Gruppe enthält die Umbildungen der Sproßachse. Als erstes ist die *Verbänderung* zu nennen. Dies ist eine Mißbildung, bei der der Stengel nicht normal rund im Querschnitt ist, sondern bandartig abgeflacht; sie wurde besonders an *Crepis biennis* (Wiesenpippau) untersucht. Die Blätter und Blüten stehen daran in stark vermehrter Anzahl, während die Zahl der Seitenzweige oft herabgesetzt ist. Diese Anomalie ist bereits am Vegetationskegel sichtbar, der kammartig verbreitert ist, und verändert sich nicht mehr unterhalb der Teilungszone (Fig. 1).

Bei der *Zwangsdrehung* ist die Sproßachse an der Spitze völlig normal. Am ausgewachsenen Stengel besteht dagegen eine starke Drehung. Die normale Achse ist, etwa bei *Dipsacus silvestris* (Weberkarde), gerade gestreckt, mit gegenständigen Blättern, die an der Basis miteinander verbunden sind. Bei zwangsgedrehten Stengeln stehen die Blätter fast in einer Reihe übereinander, und die Riefen der Achse verlaufen nicht senkrecht von einem Blattpaar zum nächsten, sondern schräg um die Achse bis zum nächsten Blatt, oft fast waagerecht bei starker Drehung. Die ganze Achse ist dabei verkürzt und verdickt. Die Drehung ist nicht immer auf der ganzen Länge gleichmäßig ausgebildet, sondern meist ist die Basis normal, dann folgt ein gedrehter Teil, dem zur Spitze hin ein normales Stück aufgesetzt ist. Die Drehung kann auch durch Einschaltung normaler Stengelstücke unterbrochen werden. Immer bildet sie sich erst beim Wachstum der Achse aus (Fig. 2).

Als dritte Anomalie der Sproßachse sind die *Verwachsungen* zu nennen. Hier sind Hauptachse und Seitensproß zum Teil oder vollständig miteinander verbunden, so daß die Blüten oder Blütenköpfchen, mit denen sie endigen, nebeneinander stehen oder ebenfalls verwachsen sind.

Die zweite große Gruppe umfaßt die *Blattanomalien*. Hierher gehören

1. die Synkotylie, die Verwachsung der beiden Keimblätter zu einem einzigen,
2. die Trikotylie, die Vermehrung der Anzahl der Keimblätter von normal 2 auf 3 oder mehr,
3. die Verdoppelung des Blattansatzes am Stengel, so daß 2 Blätter dort stehen, wo dem Bauplan der Pflanze nach nur eines stehen sollte,
4. die Ausbildung von becherförmigen Blättern an Stelle flächiger Blattorgane,
5. die Vermehrung der Blättchenzahl bei geteilten Blättern, insbesondere die Vielblättrigkeit beim Rotklee, *Trifolium pratense*.

Die letzte Hauptgruppe umfaßt schließlich die Erscheinung einer *Vermehrung der Blütenteile*, nämlich Vermehrung der Strahlenblüten bei *Chrysanthemum* von normal etwa 13 auf bis zu 30, die Vermehrung der Kronblätter beim Hahnenfuß, *Ranunculus bulbosus*, von 5 auf 6 bis 30 pro Blüte, und die Bildung von zusätzlichen Fruchtblättern in den Blüten des Schlafmohns, *Papaver somniferum*. Hier entsteht im Extrem um den zentralen normalen Fruchtknoten, die Mohnkapsel, ein ganzer Kranz von überzähligen kleinen Fruchtblättern.

Diese Mißbildungen waren schon lange in den Sammlungen der Herbarien und botanischen Gärten bekannt, man betrachtete sie aber nur als interessante Raritäten. DE VRIES ging nun von einem ganz neuartigen Gesichtspunkt aus an diese gleichen Objekte heran. Er interessierte sich für die Variabilität der Organismen, für die Verschiedenartigkeit verwandter Individuen. Die Voraussetzung hierfür war, daß er das Erscheinungsbild der Art nicht als Einheit betrachtete, sondern als einen Merkmalskomplex, den man für eine Untersuchung in seine Bestandteile, die einzelnen Eigenschaften, zerlegen muß. Die erste Frage, die sich dabei erhebt, lautet: In welchen verschiedenen Erscheinungsformen können die oberirdischen Hauptorgane einer Pflanze, nämlich Sproß, Blatt und Blüte, bei einer bestimmten Art auftreten? Am Anfang dieser Arbeiten steht also die Beschreibung der Variabilität eines Merkmals.

Dies soll am Beispiel der Zwangsdrehung näher erläutert werden. In den Kulturen der zwangsgedrehten Pflanzen fanden sich neben diesen auch normale und eine große Menge, die scheinbar ganz andersartig gebaut waren. Die Pflanzen mit der extremen Ausbildung der Anomalie zeigen außer der Drehung der Achse noch eine andere Abweichung von der normalen Ausbildung, nämlich einen Übergang von der gegenständigen zur spiraligen Blattstellung, wie dies an Querschnitten durch junge Sproßgipfel, die DE VRIES in größerer Zahl abbildet, deutlich zu sehen ist. Eine normale Knospe besitzt gegenständige, verwachsene Blätter. Es kommen nun zahlreiche Pflanzen vor mit normalem Stengel, aber spiraliger Blattstellung, die als Zwischenformen anzusehen sind. Der Knospenquerschnitt zeigt, daß hier etwa $2^1/_2$ Blätter auf den Stengelumfang kommen. Zuletzt fallen besonders kräftige Pflanzen auf, die nicht 2, sondern 3 Blätter von normaler Größe an jedem Knoten aufweisen.

Derartige Feststellungen waren vorher auch schon von anderen gemacht, aber die Art, wie DE VRIES an diese Fragestellung heranging und wie er seine Schlußfolgerungen zog, unterschied sich wesentlich von der seiner Vorgänger. Als erstes fragte er nach dem Zusammenhang dieser verschiedenen Formen. Hierfür muß zunächst die Entwicklung der normalen Pflanzen und der Abweicher bekannt sein, um festzustellen, auf welchem Weg die endgültige Verschiedenartigkeit erreicht wird. Die Untersuchungen bei *Dipsacus* zeigten nun, daß bei den 3 Hauptformen mit gegenständiger, spiraliger und quirliger Blattstellung die Blattentwicklung genau gleichartig abläuft. Sie unterscheiden sich darin, daß die Abweicher alle einen größeren Vegetationskegel haben als die Normalen, während die Blattanlagen, die daran entstehen, die Normalgröße behalten. Da nun die Blattanlagen immer direkt nebeneinander entstehen, haben auf dem vergrößerten Sproßumfang mehr Blätter Platz. Wenn nur $2^1/_2$ Blätter untergebracht werden können, muß das dritte etwas höher stehen als das erste, verwächst dadurch nicht mit diesem, sondern mit dem ersten Blatt des nächsten Knotens, so daß eine den Stengel umziehende Blattspirale entsteht. Die Verwachsung zerreißt dann beim Beginn des Streckungswachstums. Es entsteht eine Pflanze mit normalem Stengel, aber veränderter Blattstellung. Wenn nun diese Verbindung so fest ist, daß sie dem Streckungswachstum Widerstand entgegensetzt, dann kann der Stengel an dieser Stelle nicht in die Länge wachsen, am ganzen übrigen Umfang aber wohl. Durch diese Fixierung an einer Stelle muß sich der ganze Stengel drehen, und die Blätter stehen an der verkrümmten Achse in einer fast senkrechten Linie übereinander. Den experimentellen Beweis für die Richtigkeit seiner Deutung erbrachte DE VRIES nun dadurch, daß er an einer jungen Sproßachse mit spiraliger Blattstellung vor der Streckung die Verbindung der Blätter an einer Stelle durchschnitt. Das Ergebnis war nach Beendigung des Wachstums eine Pflanze mit sehr gut ausgebildeter Zwangsdrehung, die aber an einer Stelle ein gestrecktes Stengelstück zeigte, nämlich gerade dort, wo der Einschnitt zu sehen war. Die Hemmung, die sich in den anderen Stengelteilen dem Längenwachstum entgegenstellte, war hier aufgehoben und dadurch eine normale Streckung möglich. Hierdurch war der Beweis geliefert, daß die Drehung die Folge der veränderten Blattstellung ist und diese wiederum eine solche der veränderten Proportionen am Vegetationskegel. Die Zwangsdrehung, die zunächst als das auffallendste Kennzeichen der Anomalie angesehen wurde, ist nur eine sekundäre Erscheinung. Die bei der Untersuchung der Variabilität notwendige genaue Durchmusterung aller Pflanzen der Kulturen zeigte also, daß die Anomalien immer Glieder eines ganzen zusammenhängenden Formenkreises darstellen, dessen eines Extrem die Normalausbildung ist und von dem die zunächst auffallende Ausprägung des Merkmals nur einen kleinen Teil ausmacht.

Eine weitere Erkenntnis aus der Betrachtung der Zwangsdrehung war, daß die Merkmale in ihrer Ausprägung stark variieren können, daß aber dabei zwischen normal und nicht-normal keine Übergänge vor-

handen sind. Unter den Abweichern gibt es dann eine kontinuierliche Variationsreihe von schwacher bis zu extrem starker Ausprägung der Anomalie. Es besteht also eine deutliche Unterscheidung zwischen der *alternativen* und der *kontinuierlichen Variabilität*. Hiermit ist das Merkmal noch nicht ganz erfaßt, denn an einer Pflanze kommen normale und gedrehte Teile, solche mit quirliger und spiraliger Blattstellung nebeneinander vor. Es sind also nicht alle vergleichbaren Teile einer Pflanze gleichartig ausgebildet.

Diese Variabilität ist bei den Blattanomalien noch deutlicher zu erfassen. Bei der vielblättrigen Rasse des Rotklees sind nicht alle Blätter 4-zählig, sondern es kommen an einer Pflanze normale Blätter und solche mit vier oder mehr Teilblättchen vor, während andere Pflanzen immer nur normale Blätter ausbilden. Es ist daher eine deutliche Scheidung möglich zwischen der *partiellen Variabilität*, nämlich der Verschiedenheit der Teile einer einzigen Pflanze, und der *individuellen Variabilität*, durch die die Differenzen zwischen den verschiedenen Individuen bezeichnet werden.

Diese Aufteilung der natürlichen Variabilität in ihre Komponenten war der erste Schritt, aber fruchtbar wurde dies erst dadurch, daß zur Auswertung der Befunde die Variationsstatistik herangezogen wurde, die bis dahin in der Biologie noch nicht angewendet worden war. DE VRIES stellte sein Material in Tabellen und Kurven zusammen und wertete diese aus nach den statistischen Methoden, die von QUETELET und GALTON für anthropologische Messungen eingeführt waren. Erst hierdurch war es ihm möglich, von den rein qualitativen Befunden zu quantitativen Feststellungen über die Häufigkeit der Abweichungen und ihrer einzelnen Ausprägungsstärken zu gelangen.

Der Zweck der gesamten Untersuchungen war aber nicht die Beschreibung der Anomalien, sondern auf der Grundlage dieser Vorarbeiten stellte sich DE VRIES das Ziel seiner Untersuchungen dar: Die Aufklärung der Ursachen der natürlichen Variabilität der Organismen.

Da aber jedes Merkmal das Ergebnis einer Entfaltung des Individuums ist, handelt es sich im Grunde nicht um Differenzen der Merkmale, sondern um solche der Entwicklung, nach denen gesucht werden muß. Die mechanischen Ursachen der Zwangsdrehung waren zwar aufgezeigt, aber nicht erklärt war das Entstehen der veränderten Wachstumsverhältnisse, die zur Verschiebung der Proportionen am Vegetationskegel führen. Die Frage, die DE VRIES sich stellte, lautet also: Was sind die Ursachen für die verschiedenartige Entwicklung von im wesentlichen als gleichartig anzusehenden Individuen und ihrer Teile? Um diese Unterschiede zu erfassen, mußte also nach den Ursachen von 3 Erscheinungen gesucht werden.

1. Warum weichen einzelne Individuen von der Norm ab? Was sind die Ursachen für die alternative Variabilität?

2. Warum ist bei den Abweichern das Merkmal in verschiedener Weise ausgebildet? Worauf geht die kontinuierliche Variabilität zurück?

3. Warum sind nicht alle vergleichbaren Teile einer Pflanze in gleicher Weise von der Anomalie betroffen? Was ruft die partielle Variabilität hervor?

Für das Auftreten der Abweichungen kamen theoretisch 2 Ursachen in Betracht. Die gegenüber der Norm veränderten Individuen können sich in ihren Erbanlagen von den übrigen unterscheiden, oder die Ursache kann in Einwirkungen der Umwelt zu suchen sein. Dabei war zu vermuten, daß für die verschiedenartigen Komponenten der Variabilität verschiedene Ursachen vorhanden sind. Der Gang der Untersuchungen war damit festgelegt: Zuerst war der Verlauf der Entwicklung des betreffenden Merkmals mit den vorkommenden Abweichungen festzustellen und dann die Möglichkeit einer Beeinflussung zu prüfen.

Bei den Zufallsfunden im Freien findet man meist nur ausgewachsene Exemplare, so daß eine Untersuchung der Entwicklungsvorgänge nicht möglich ist. DE VRIES versuchte daher zuerst, durch Verpflanzen in den Versuchsgarten die Pflanzen zu isolieren, so daß eine Bestäubung durch den Pollen normaler Pflanzen ausgeschlossen war, und von ihnen Nachkommen zu erhalten. Das Ziel war jeweils, die Erblichkeit der Anomalien zu klären und, wenn möglich, eine Rasse mit konstanter Ausbildung der betreffenden Eigenschaft zu erhalten, um dadurch ein größeres, einheitliches Versuchsmaterial zur Verfügung zu haben.

Eine Beobachtung sprach gleich dafür, daß den Erbanlagen für die Ausbildung der Anomalien eine Bedeutung zukommen muß. Für eine bestimmte Art werden die Abweicher meist immer wieder an den gleichen Standorten beobachtet, während viele andere Populationen, die unter den gleichen Umweltbedingungen wachsen, nie Anzeichen einer Abweichung zeigen.

In den kontrollierten Aufzuchten brachten die normalen Individuen der Wildpopulationen immer nur Normale hervor, während in der Nachkommenschaft der abweichenden Pflanzen die Anomalie wieder auftrat, und zwar in verstärktem Maße. Der Anteil der Merkmalsträger stieg in den ersten Generationen stark an, aber nicht über ein bestimmtes, für jede Abweichung und jede Art konstantes Maß hinaus. Bei der Verbänderung konnte durch wiederholte Selektion die Häufigkeit der Abweicher in den Zuchten auf 40% gesteigert werden. Beim Hahnenfuß wurde in wenigen Jahren eine Rasse erzielt, bei der fast alle Pflanzen wenigstens eine Blüte mit mehr als 5 Kronblättern bildeten, und die Höchstzahl der Kronblätter stieg von 9 bei den Wildpflanzen auf 31 (Tabelle 1). Auffallend

Tabelle 1. *Erfolg der Selektion nach erhöhter Zahl der Kronblätter bei Ranunculus bulbosus.*

	Zahl der Blütenblätter											
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16—31
Wild 1886	**312**	17	4	2	2							
Kultur 1888	**133**	55	23	7	2	2						
Kultur 1891	**45**	24	28	17	8	4	0	1	1			
Kultur 1891, Auswahl 13 Pflanzen	9	17	38	**62**	42	32	9	3	2			
Kultur 1892	449	574	764	855	**968**	814	591	316	315	37	22	20
Kultur 1893	40	52	126	165	204	**215**	177	104	35	8	4	—

war aber, daß sich für keine einzige der untersuchten Formen eine Rasse züchten ließ, auch nicht durch Selektion über mehr als 10 Jahre, bei der alle Individuen den gleichen Grad der Ausprägung des Merkmals aufwiesen. Es waren immer wieder Normale vorhanden.

Gesteigert werden konnte die Häufigkeit der Merkmalsträger und zum Teil auch der Grad der Ausprägung des Merkmals, wie die Kurve der Häufigkeit der verschiedenen Blattformen bei *Trifolium* zeigt (Fig. 3). Der Anstieg der Merkmalshäufigkeit in den ersten Inzuchtgenerationen gegenüber der Wildpopulation ist ein echter Selektionserfolg. Die Normal-Anlagen

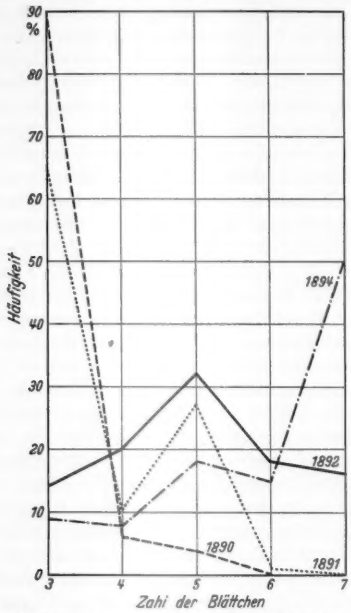


Fig. 3. Selektion nach Vielblättrigkeit bei Trifolium pratense.

werden ausgeschaltet, und es entstehen nun nur noch Pflanzen mit den abweichenden Erbanlagen. Außer dem Hauptgen sind meist noch Nebengene vorhanden, die für sich allein keine Wirkung haben, die aber die Ausprägungsstärke des Hauptgens beeinflussen. Durch die fortwährende Selektion nach starker Ausbildung der Anomalie tritt eine weitere Anreicherung für diese Anlagen ein, so daß nach mehreren Jahren eine Rasse vorhanden ist, die für die Anomalie und mehrere Verstärkergene homozygot ist. Durch die lange fortgeführte Inzucht wurde das hergestellt, was wir heute eine reine Linie nennen; aber trotzdem war keine Einheitlichkeit für das untersuchte Merkmal zu erreichen.

Durch die Versuche war zunächst bewiesen, daß es sich bei den Anomalien um vererbbare Anlagen handelt, die durch die Keimzellen von einer Generation an die nächste weitergegeben werden. In bezug auf die Frage nach den Ursachen der Variabilität sagt dies aus, daß die Alternative zwischen „immer ganz normal" und „Ausbildung der Anomalie möglich" ihre Ursache in der genetischen Konstitution hat. Nicht geklärt ist aber, warum sich bei diesen Faktoren derartige Schwankungen der Manifestation zeigen. Da hierfür eine Selektion weitgehend unwirksam war, muß die Wirkung von anderen Ursachen angenommen werden. Die Frage, warum immer nur ein Teil der Individuen das Merkmal zeigt und dieses in verschiedener Stärke, ist damit kein Problem der Vererbung mehr, sondern ein solches der Entwicklung. Es ist also zu untersuchen, von welchen Einflüssen die Realisation der Erbanlagen abhängt.

Die Beobachtung, daß die mißbildeten Pflanzen immer besonders große, kräftige Exemplare sind, während die Anomalien nie an Kümmerformen auftreten, gab den ersten Hinweis. Dazu kam die Überlegung, daß alle betrachteten Anomalien nicht etwa Hemmungsformen darstellen, sondern im Gegenteil als ein ungehemmtes Fortwachsen über das Normalmaß hinaus aufgefaßt werden können. Es lag daher nahe, die Umweltwirkungen in Betracht zu ziehen und den Einfluß von Faktoren, die für das Wachstum der Pflanzen von Bedeutung sind, auf ihre Wirksamkeit hin zu prüfen. In vielen Versuchen an einer ganzen Reihe verschiedener Anomalien wurden diese Faktoren untersucht: Wasserversorgung durch trockene und feuchte Kultur, gute und fehlende Düngung, Bodenstruktur durch Lehm und Sand, Licht durch Sonnen- und Schattenpflanzen, Kulturmaßnahmen wie frühe und späte Aussaat, weiter und enger Stand der Pflanzen. Das Ergebnis war eindeutig: Alle Maßnahmen, die eine besonders kräftige Entwicklung der Pflanzen zur Folge hatten, hatten auch einen Einfluß auf das Auftreten von Abweichern. Je kräftiger die Kultur war, desto mehr Pflanzen waren Merkmalsträger, und um so stärker war die Anomalie ausgeprägt.

Bei den Pflanzen, deren Wachstumsperiode so abläuft, daß zunächst ein länger dauerndes Jugendstadium mit Rosettenbildung durchgemacht wird, auf das die Sproß- und Blütenbildung folgt, wie bei *Crepis* und *Dipsacus*, zeigt es sich, daß auch alle Faktoren, die eine Verlängerung der Jugendphase und damit eine besonders kräftige Ausbildung der Blattrosette hervorrufen, die Anomalien steigern, während eine Aufzucht, bei der das Jugendstadium auf das kürzest mögliche Maß herabgesetzt wurde, die Ausbildung von Verbänderung und Zwangsdrehung völlig unterdrückt, obwohl die Anlage dafür noch vorhanden war, wie die Nachzuchten unter anderen Bedingungen zeigten.

Diese Beobachtungen sind leicht erklärlich. Alle Anomalien stellen, wie gesagt, eine Entwicklung über das Normalmaß hinaus dar. Es ist also zu erwarten, daß bei sehr kümmerlichen Exemplaren, die kaum die normale Ausbildung zustande bringen, für diese Überschußproduktion kein Material zur Verfügung steht, während bei sehr kräftigen Pflanzen die Ausbildung ermöglicht wird.

Die Versuche an Schlafmohn zeigten noch etwas anderes: Je kräftiger und größer die Pflanzen waren, um so größer war auch der Kranz von überzähligen Fruchtknoten in der Blüte. Man kann nun durch Pikieren der jungen Pflanzen diese zu besonders kräftigem Wachstum anregen. Dabei wird allerdings die Hauptwurzel abgerissen, die junge Pflanze steht infolgedessen einige Tage lang unter dem Einfluß von Wasser- und Nahrungsmangel, bis neue Wurzeln gebildet sind. Diese Pflanzen hatten nun fast keine überzähligen Fruchtknoten, obwohl das Gegenteil davon erwartet wurde. Die Erklärung hierfür gab die Untersuchung der Entwicklung der Blütenorgane. Die Endblüte öffnet sich zwar erst, wenn die Pflanze mehrere Monate alt ist, aber sie wird an der Spitze des Sprosses

bereits im Alter von wenigen Wochen angelegt. Der Vegetationskegel des Sprosses vergrößert sich und wird zum Blütenvegetationskegel, daran werden bald die einzelnen Anlagen der Staub- und Fruchtblätter sichtbar, die sich dann sehr langsam weiter entwickeln, bis die Blüte an der inzwischen stark in die Höhe gewachsenen Pflanze zur Entfaltung kommt. Wenn die Pflanze nun in dem Stadium, in dem der Vegetationskegel der Blüte sichtbar wird, aber noch keine einzelnen Organe angelegt sind, besonders gut ernährt ist, bildet diese Blüte sehr viele zusätzliche Fruchtknoten aus, bei mangelhafter Ernährung in diesem Stadium bleibt dies aus. Alle Pflanzen, die pikiert wurden, litten also gerade in dieser entscheidenden Entwicklungsphase unter Nahrungs- und Wassermangel. Sobald die Blütenorgane sichtbar werden, auch wenn äußerlich die Staub- und Fruchtblätter noch nicht zu unterscheiden sind, ist bereits festgelegt, was aus ihnen werden wird. Durch das besonders kräftige Wachstum nach dem Pikieren kann nichts mehr daran geändert werden, ebensowenig wie schlechte Pflege und Mangelernährung in späteren Stadien die Zahl der zusätzlichen Fruchtknoten noch herabsetzen können.

Allgemein zeigte sich, daß es sowohl für die Sproß- als auch für die Blütenmißbildung *eine sensible Phase* gibt, in der durch die Umweltbedingungen eine Beeinflussung der Organbildung möglich ist, und in der darüber entschieden wird, ob und in welchem Maße eine bestimmte Ausbildung eintritt. Danach kann sich an der Ausprägung nichts mehr ändern, nach keiner Richtung hin, während vorher der Versuch einer Beeinflussung ohne Erfolg ist. Aus der Tatsache, daß die Pflanzen während dieser sensiblen Phase nun nicht alle genau den gleichen Umweltbedingungen ausgesetzt sind, erklärt es sich, daß nicht alle Pflanzen einer Rasse trotz der vorhandenen Identität der Erbanlagen auch in der Gestaltausbildung identisch sein können. Damit ist die Ursache der individuellen, kontinuierlichen Variabilität aufgewiesen und diese erklärt.

Als letztes erhebt sich die Frage nach der Ursache der partiellen Variabilität, warum die vergleichbaren Teile einer Pflanze verschiedenartig ausgebildet werden. Die nähere Betrachtung am vielblättrigen Klee zeigt nun, daß die abnormen und normalen Blätter nicht regellos an der Pflanze verteilt sind. Eine Kleepflanze bildet normal nach den Keimblättern zuerst ein Primärblatt mit nur einem Blättchen, dann folgen beim Wachstum des Stengels die übrigen Blätter, die alle 3-zählig sind. Bei der vielblättrigen Rasse beginnt das Wachstum meist in gleicher Weise, aber in der Mitte der Wachstumsperiode treten zunächst 4-zählige, dann unter Umständen mehrzählige Blätter auf, auf diese folgen dann gegen Ende des Sommers unter allmählicher Reduktion wieder normal 3-zählige Blätter, die an Größe abnehmen. Bei extremen Varianten ist bereits das Primärblatt 3-zählig, auch dann steigt die Blättchenzahl zunächst an und sinkt zuletzt wieder ab.

Diese Periodizität des Auftretens der vielteiligen Blätter ist nicht eine Sondererscheinung. Wenn wir die gesamte Pflanze betrachten, dann zeigt sich, daß für sehr viele Eigenschaften die gleichen Beziehungen gelten. Die Länge der zwischen den Blättern stehenden Stengelstücke ist zunächst sehr gering, dann werden längere Internodien gebildet, und gegen Ende nimmt ihre Länge wieder ab. Die Dicke verhält sich ebenso, die Blattgröße, die Länge der Blattstiele und noch viele andere Eigenschaften zeigen diese große Periode des Wachstums, bei der die stärkste Ausbildung des Organs in die mittlere Phase der Gesamtentwicklung fällt. Die vielzähligen Blätter des Klees folgen also in ihrem Auftreten dem gleichen Gesetz wie alle übrigen Eigenschaften des Sprosses. In der Mitte der Wachstumsperiode treten die größten und am kräftigsten ausgebildeten Teile auf, während schwächere und kleinere Ausbildung für Anfang und Ende der Wachstumsperiode charakteristisch ist. Hier zeigt sich also, daß das Auftreten der Anomalie bei nur einzelnen Teilen von den inneren Bedingungen des gesamten Wachstumsverlaufs abhängt.

Zusammenfassend zog DE VRIES die Folgerungen aus seinen Beobachtungen: Die alternative Variabilität und die Differenzen zwischen den Generationen sind durch die Erbanlagen bedingt. In einer reinen Linie wird die individuelle Variabilität durch die Außenbedingungen bestimmt, die während einer bestimmten sensiblen Periode auf die Pflanzen einwirken. In der partiellen Variabilität zeigen sich bei gegebener Erbanlage und günstigen äußeren Bedingungen die inneren Wachstumsgesetze der Pflanze.

Das Ziel, das DE VRIES sich bei der Untersuchung der pflanzlichen Mißbildungen gestellt hatte, nämlich die Aufklärung der Ursachen der Variabilität, war damit erreicht, und folgerichtig schloß er seine Versuche ab und wandte sich neuen Problemen zu, die ihn schon mehrere Jahre lang beschäftigt hatten. Es fragt sich also, welche Rolle diese ganze Gruppe von Untersuchungen im Gesamtwerk von DE VRIES einnimmt. Ist es eine mehr oder weniger zufällige, vorübergehende Episode, oder kommt ihr eine bestimmte Rolle in seiner wissenschaftlichen Entwicklung zu?

Die Untersuchung der Variabilität hatte die wesentliche Erkenntnis gebracht, daß zwar für die Realisierung der eigentlichen Mißbildung die Umweltbedingungen von Bedeutung sind, die Grundlage dafür aber in den Erbanlagen gegeben sein muß. Es gibt also erblich verschiedene Rassen der gleichen Art, und es schließt sich daran die Frage an, wie die abweichenden Erbanlagen sich verhalten, wenn sie durch Kreuzung mit den normalen Rassen zusammengebracht werden. DE VRIES erkannte frühzeitig, daß für die Lösung dieser Frage die pflanzlichen Mißbildungen mit ihrer großen Variationsbreite nicht geeignet seien, und führte seine Kreuzungen und Nachkommenschaftsanalysen an Merkmalen durch, die eine klare, alternative Variabilität zeigten und unter den normalen Kulturbedingungen gegen Umwelteinflüsse stabil waren, wie Blütenfarbe, Behaarung und Wuchshöhe. Diese Versuche waren es dann, die ihn zu der Überzeugung führten, daß die Erbanlagen nicht kontinuierlich ineinander übergehen, sondern daß die Anlage für jedes Merkmal in mehreren, deutlich voneinander verschiedenen Formen vorkommen kann. Diese verschiedenen Allele eines Gens vermischen sich nicht im Bastard, sondern werden bei der Keimzellbildung wieder getrennt und lassen sich als deutlich bestimmbare Einheiten auf ihrem Weg durch die Generationen in den Nachkommenschaften nachweisen. Als er an diese Fragen heranging, auf der Grundlage der Erkenntnisse und mit den Methoden, die er bei der

Untersuchung der Mißbildungen gewonnen hatte, mußte er die Gesetze der Vererbung finden.

Mit den Versuchen dazu hatte er sich zwar parallel zu den anderen 10 Jahre lang befaßt, aber auch diese waren nur ein Durchgangsstadium. Die eigentliche Frage, die dann in Angriff genommen werden konnte und auf die er die ganze Zeit hingezielt hatte, war: Wie entstehen diese Abänderungen der Erbanlagen, und welche Bedeutung haben sie für die Arten? Sein Hauptwerk, in dem er alle Untersuchungen über Vererbung und Entwicklung zusammenfaßt, ist dann auch „Die Mutationstheorie" (1900 bis 1903). Die Fragen der Vererbung und Individualentwicklung sind für ihn Hilfsmittel, zum Hauptproblem vorzustoßen, nämlich zur Entwicklung der Arten. Diesen Problemen der Mutationen und ihrer Bedeutung für die Artbildung war dann die weitere Zeit seiner Forschungen von 1900 an gewidmet. Im Gesamtwerk von DE VRIES sind die Beobachtungen über die pflanzlichen Mißbildungen ein Glied in der Kette von Versuchen zur Aufklärung der Bedeutung der natürlichen Variabilität für die Evolution. Seine Befunde über die Entwicklung der Merkmale unter dem Einfluß von Erbanlage und Umwelt gerieten darüber völlig in Vergessenheit. Als dann die Gesetze der Vererbung allgemein anerkannt waren und man sich wiederum fragte, welcher Zusammenhang eigentlich zwischen Anlage und Merkmal bestand, begann v. WETTSTEIN seine Untersuchungen über „Die Genetik und Physiologie des Formwechsels der Moose" (1924 und 1928), in denen er genau die gleiche Methode und den gleichen Weg der Untersuchung einschlug wie vorher DE VRIES bei den pflanzlichen Mißbildungen; aber in den zwei umfangreichen Publikationen wurden die Arbeiten von DE VRIES nicht erwähnt. Mit diesem Buch von v. WETTSTEIN begann eine neue Richtung in der Biologie, nämlich die der entwicklungsphysiologisch orientierten Genetik, von der jedermann annahm, daß sie auf den Erkenntnissen der Vererbungslehre aufbaute, während in Wirklichkeit die ganze Entwicklung der Genetik von dem Versuch einer genetischen Fundierung der Entwicklungsphysiologie ihren Ausgang genommen hatte.

Um diese Entwicklung zu verstehen, ist zunächst festzustellen, in welcher Lage sich die botanische Wissenschaft befand, als DE VRIES sich der Vererbungsforschung zuwandte, und aus welchen Gründen er dies tat. 1865 hatte MENDEL seine Untersuchungen über die Regeln der Vererbung veröffentlicht, die zwar den führenden Botanikern seiner Zeit bekannt wurden, und die ab und zu auch, meist falsch, zitiert wurden, aber kein Echo fanden, weil alle anderen sich mit scheinbar ganz andersartigen Fragen befaßten. Das zentrale Problem, das viele der größten Forscher innerhalb der Biologie damals beschäftigte, war die Frage der Artbildung. Diese Frage wurde schon seit LAMARCK diskutiert, aber durch die Ergebnisse der Pflanzenzüchtung, vor allem von VILMORIN, die gewissermaßen eine künstliche Neubildung von Formen darstellten, war die Möglichkeit der Entstehung neuer Arten aus bereits vorhandenen erwiesen, und DARWIN hatte gerade durch seine Arbeiten über die Artbildung durch natürliche Zuchtwahl und Auslese des Besten den ganzen Fragenkomplex neu aufwühlt, und zwar so stark, daß er nicht mehr zur Ruhe zu bringen war. Auch MENDEL ging bei seinen Untersuchungen von der Frage der Artbildung aus, nämlich ob durch Kreuzung vorhandener Formen etwas grundsätzlich Neues entstehen konnte. Seine Antwort war eindeutig: Es kommen in den nachfolgenden Generationen immer wieder die Eigenschaften der Eltern getrennt zum Vorschein, eine Artbildung kann nicht auf diese Weise erfolgen. Damit war eine viel diskutierte Möglichkeit experimentell ausgeschlossen, also eine negative Feststellung, die man zu den Akten legte, weil niemand die viel weiter tragende Bedeutung dieser Antwort erfaßte. Nur 17 Jahre nach dieser Arbeit MENDELS, im Jahre 1882, begann DE VRIES seine Untersuchungen über die Vererbung bestimmter Eigenschaften bei Pflanzen, und als er nach weiteren 18 Jahren diese publizierte, stellte sich heraus, daß gleichzeitig noch mehrere andere sich mit der gleichen Frage befaßt hatten, und mit der Wiederentdeckung der Vererbungsgesetze begann eine ganz neue Periode der biologischen Forschung. Woher ist dieser Unterschied in der Wirkung der gleichen Entdeckung zu erklären?

Bis dahin hatte man die Fragen von Artbildung und Vererbung als Ganzes behandelt. Man ging aus von einem Individuum mit fertig ausgebildeten Eigenschaften und fragte sich, wie aus diesem solche mit anderen, veränderten Eigenschaften entstehen könnten. Solange die Untersucher der Meinung waren, daß es sich hier um ein einheitliches Problem handelte, konnte keine Lösung gefunden werden. Die erste Bedingung war die begriffliche Trennung von Anlage und Eigenschaft. Dann konnte die zentrale Frage der Vererbung angegangen werden, die untersucht, ob diese Anlagen, die von einer Generation durch Vermittlung der Keimzellen an die nächste weitergegeben werden, durch ihre Konstanz für die Ähnlichkeit zwischen Vorfahren und Nachkommen verantwortlich sind. Dies alles hatte auch MENDEL erreicht, aber erst danach war es möglich, die Frage der Artbildung zu betrachten, da es hier gerade darum geht, ob und wie sich diese erblichen Anlagen verändern können, also ob aus einer Art durch Veränderung ihrer Erbanlagen eine andere Art hervorgehen kann. Zur anderen Richtung hin schließt sich an die Frage der Vererbung eine weitere an, die zuerst geklärt werden mußte, nämlich nach dem Zusammenhang zwischen Anlage und Merkmal, die Frage der Individualentwicklung und ihrer Abhängigkeit von inneren und äußeren Faktoren. Die Verwechslung und Vermischung dieser beiden letzten Probleme ist trotz ihrer grundsätzlichen Verschiedenheit leicht erklärlich, weil sich die ihnen zugrunde liegenden Vorgänge in gleicher Weise äußern, nämlich als Vergrößerung der Variabilität.

Das Verdienst von DE VRIES und die Ursache dafür, daß seine Vererbungsuntersuchungen einen so großen Erfolg hatten, liegt darin, daß er den großen Fragenkomplex, der sich um die Artbildung gruppiert, in seine einzelnen Komponenten zerlegt und ihre Untersuchung in der richtigen Reihenfolge in Angriff genommen hat. Er erkannte, daß er bei der Untersuchung der *Variabilität* und ihrer *Ursachen* ansetzen mußte, bevor er nach ihrer *Bedeutung* fragen konnte. Für die Größe seines Geistes zeugt es, daß er trotz der Zerlegung und der Bearbeitung der getrennten Probleme über mehrere Jahrzehnte hinweg nicht den Zusammenhang zwischen diesen Fragen aus den Augen verlor. DE VRIES ist dabei vorbildlich in der Exaktheit seiner Versuche, der Klarheit ihrer Deutung und

der Zielbewußtheit, mit der er seine Versuchsreihen durchführte und die Ergebnisse in einen großen Zusammenhang einzuordnen verstand. Er hat dadurch in seinen Untersuchungen die Grundlagen für die Erforschung eines Gebiets gelegt, dessen Wichtigkeit erst neuerdings wieder erkannt wird, nämlich die Bedeutung des Zusammenwirkens von Erbanlagen und Umwelt für die Entwicklung des Individuums.

Literatur.

MENDEL, G.: Versuche über Pflanzenhybriden. 1865. Neudruck Leipzig 1913. — VRIES, H. DE: Mutationstheorie. Leipzig 1901 bis 1903. — Opera collata, Bd. I—VII. Utrecht 1921—1927. — WETTSTEIN, E. v.: Z. Vererbungslehre **33**, 1 (1924); Bibliotheca genetica **10**, 1 (1928).

Aus dem Institut für Entwicklungsphysiologie an der Universität Köln.

Eingegangen am 22. Oktober 1952.

Die Atmung als chemischer Regulator.

Von HANS WINTERSTEIN, Istanbul.

Es sind jetzt 30 Jahre her, daß ich an dieser Stelle eine zusammenfassende Darstellung der chemischen „Atmungsregulation" gegeben habe [*1*]. Das Ergebnis, zu dem ich damals gelangte, lautete, „daß das Ausmaß der Lungendurchlüftung reguliert wird durch die Wasserstoffzahl[1]) in den Atemzentren, die von den in ihnen sich abspielenden Stoffwechselvorgängen, von der Wasserstoffzahl der sie umspülenden Körpersäfte und von dem Permeierungsvermögen der die Reaktion bestimmenden Bestandteile abhängt" (a. a. O., S. 630). Seitdem hat die Bearbeitung dieses Problems zahlreiche Fortschritte erzielt, so daß es wohl nicht unangebracht ist, sie wieder von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus zu erörtern. Da ich vor nicht zu langer Zeit an anderer Stelle eine Zusammenfassung der Literatur gegeben habe [*2*], möchte ich hier vor allem die durch unsere neuesten Arbeiten bedingte Entwickelung schildern.

Ehe ich dies tue, möchte ich kurz die Analyse einiger Begriffe vorausschicken, die in der Atmungsphysiologie seit alters her eine große Rolle spielen. Der Philosoph LICHTENBERG hat einmal gesagt, „die Erfindung der Sprache ist vor der Philosophie hergegangen ... Die Philosophie ist ... immer genötigt, die Sprache der Unphilosophie zu reden." Das gleiche gilt vielfach auch für die Naturwissenschaften, und die mißbräuchliche Anwendung, oder noch häufiger das mangelnde Nachdenken über das Wesen eines Begriffes ist eine ständige Quelle von Scheinproblemen und Scheinerklärungen. Dies ist bei den Problemen, mit denen wir uns zu befassen haben, in ganz besonderem Maße der Fall.

Nicht umsonst habe ich meinem Aufsatz statt des üblichen Ausdrucks „chemische Regulierung der Atmung" den Titel „die Atmung als chemischer Regulator" gegeben. Man hat bisher wenig beachtet, daß die Atmung (worunter wir im Deutschen in Abweichung von dem Sprachgebrauch der Anglosaxonen die Lungendurchlüftung, pulmonary ventilation, verstehen) nicht reguliert wird, sondern ein Regulator ist. Wenn ein Begriff nicht bloß in der Biologie, sondern auch in den Wissenschaften der leblosen Natur, in Physik oder Technik seine Verwendung findet, dann wird man gut tun, ihn so zu verwenden, wie dies in den letzteren geschieht, weil er dort sicher in klarer und eindeutiger Weise gebraucht wird. In der Technik bezeichnet man als Regulatoren Vorrichtungen, die dazu bestimmt sind, Unregelmäßigkeiten im Gang der Maschinen auszugleichen. Wir sprechen von dem Druckregulator einer Dampfmaschine, der den Dampfdruck im Kessel, von dem Thermoregulator, der die Temperatur eines Thermostaten konstant erhält, und die Regulation besteht in dieser durch die Regulatoren bewirkten Konstanterhaltung des Druckes oder der Temperatur. Wenn wir dagegen von einer Regulation der Atmung sprechen, so meinen wir keineswegs Vorrichtungen zur Konstanterhaltung der Atmung, sondern gerade umgekehrt die Atmungs*änderungen*, die die Aufgabe haben, einen bestimmten Zustand im Körper konstant zu erhalten, d.h. die Atmung ist ein *Regulator*.

Was ist nun das, was reguliert, d.h. konstant erhalten werden soll? Das ist erstens einmal der *Sauerstoffdruck*, von dem die für das Leben unentbehrlichen Oxydationsvorgänge abhängen. Das zweite, was mit größter Sorgfalt und mit Hilfe einer ganzen Anzahl von Regulatoren, außer der Atmung noch durch das Pufferungsvermögen des Blutes, durch die Nierensekretion, die Harnstoffbildung und dergleichen, konstant erhalten wird, ist die *Wasserstoffionenkonzentration (cH) der Gewebe*. Wie erfolgt nun in der Technik die Regulation? Das, was reguliert werden soll, ist gleichzeitig der Auslöser, der die Regulatoren in Gang setzt. Der Dampfdruck, der konstant gehalten werden soll, öffnet oder schließt das Ventil, so daß der zu hohe Druck fallen, der zu niedrige steigen muß. Beim Thermostaten ist es die konstant zu haltende Temperatur, die durch Steigen oder Sinken des Quecksilbers im Thermometer den Gasstrom abschwächt oder verstärkt, den elektrischen Heizstrom unterbricht oder schließt und so die zu hohe oder zu niedrige Temperatur wieder auf das erforderliche Niveau zurückführt. Es ist also der zu regulierende Vorgang oder Zustand, der die Regulation auslöst. So werden wir schon a priori erwarten dürfen, daß es im ersten Falle der O_2-Druck, im zweiten die cH ist, die den Atmungsregulator spielen läßt, und nicht ein anderer Faktor, der, wie die Kohlensäure, gar nicht reguliert zu werden braucht. Wenn die cH konstant gehalten wird, kann der CO_2-Druck innerhalb weiter Grenzen nach oben oder unten schwanken, ohne daß es dem Organismus etwas ausmacht. Ja, dieser benutzt umgekehrt die Veränderungen des CO_2-Gehaltes, um die ihm wichtige Konstanz der cH zu erzielen.

Ein weiterer Begriff, der unbedingt einer scharfen Umreißung bedarf, ist der Begriff der „*Erklärung*". Eine Erscheinung erklären, heißt sie gedanklich nachbilden. Und gedanklich nachbilden läßt sie sich, wenn man sie in lauter einzelne, von früher bekannte

[1]) Damals üblicher Ausdruck für Wasserstoffionenkonzentration = cH.

Erscheinungen oder Vorgänge auflösen kann. Es ist keine Erklärung, wenn man für eine gedanklich nicht nachbildbare Erscheinung ein neues Wort erfindet. Es ist keine Erklärung, wenn ich Erscheinungen, die ich nicht in mir bekannte zu zerlegen vermag, als „vital" bezeichne, wenn ich die leichte Zerstörbarkeit mancher Gewebe als den Ausdruck einer besonderen „Vulnerabilität" betrachte und dergleichen mehr. „Denn eben, wo Begriffe fehlen, da stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein". Und ein Wort, das sich in der Atmungsphysiologie immer einstellt, wenn man nicht weiter kann, ist das Wort „*Erregbarkeit*".

Immer und immer wieder scheint es mir nötig, die wahre Bedeutung dieses Ausdruckes klarzulegen, um seine mißbräuchliche Anwendung als erklärendes Prinzip in der Atmungsphysiologie zu beseitigen, bisher leider ohne durchschlagenden Erfolg. Die Physiologie des 18. und 19. Jahrhunderts glaubte mit dem Begriff der „Erregbarkeit" oder „Reizbarkeit" oder „Irritabilität" eine besondere, für die lebendige Substanz charakteristische Eigenschaft gekennzeichnet zu haben, die sie befähigt, auf äußere Einwirkungen oder „Reize" zu reagieren, vor allem mit einer Stärke zu reagieren, die zu der Größe des angewandten Reizes in keinem Verhältnis steht. Da aber die gleiche Eigentümlichkeit vielfach bei leblosen Systemen zu beobachten ist — man denke nur an die durch eine leichte Berührung auslösbare Explosion einer Mine —, hat der Begriff eine Bedeutung im absoluten Sinne nur für die Unterscheidung von toten und lebenden Organismen und Organen bewahrt und dient im übrigen lediglich zu einer *vergleichenden* Kennzeichnung von Reizerfolgen. Man beobachtet, daß ein bestimmter Reiz unter gewöhnlichen Bedingungen im Organismus oder einem isolierten Organ eine bestimmte Wirkung ausübt. Unter besonderen Bedingungen aber läßt sich feststellen, daß der gleiche Reiz eine stärkere oder schwächere Wirkung ausübt oder, was auf dasselbe hinauskommt, daß zur Erzielung des gleichen Reizerfolges jetzt ein schwächerer bzw. stärkerer Reiz benötigt wird. Man sagt dann im ersteren Falle, daß die Erregbarkeit gesteigert, im zweiten, daß sie herabgesetzt ist. Immer und immer wieder begegnet man nun der seltsamen Auffassung, daß mit der Beobachtung einer solchen Veränderung der Erregbarkeit der geänderte Reizerfolg „erklärt" sei. Dies ist offensichtlich in keiner Weise der Fall. Wir haben nicht ein Unbekanntes auf etwas Bekanntes, sondern auf ein anderes seinem Wesen nach wieder Unbekanntes, nämlich die geänderte Erregbarkeit zurückgeführt. Wir haben also in Wirklichkeit nicht das geringste erklärt, die gedankliche Nachbildung der Erscheinung in nichts erleichtert. Feststellung einer Änderung der Erregbarkeit ist nichts anderes als eine kurze und von diesem Gesichtspunkte aus ganz praktische Umschreibung der Tatsache, daß die gleiche Reizung eine andere Wirkung erzielt als vorher. Wenn ich sage, daß bei O_2-Mangel die Erregbarkeit des Atemzentrums gegenüber Kohlendioxyd gesteigert ist, so ist das nichts als eine andere Darstellungsform der Beobachtungstatsache, daß bei O_2-Mangel die Lungenventilation trotz unverändertem CO_2-Druck vergrößert ist, oder daß eine Erhöhung des CO_2-Druckes eine größere Atmungsverstärkung bewirkt als sonst. Dies ist nicht der Fall, „weil die Erregbarkeit gesteigert ist", sondern umgekehrt, wir bezeichnen die Erregbarkeit als gesteigert, weil wir diese stärkere Wirkung beobachtet haben.

Alles Herumdeuteln an dem Erregbarkeitsbegriff ändert nichts an diesem logischen Tatbestand. Ob man, wie dies meist geschieht, die Erregbarkeit durch die „Reizschwelle" mißt, d.h. durch Feststellung des schwächsten Reizes, der eben eine Wirkung herbeiführt, oder ob man sie bei ständig vor sich gehenden Vorgängen, wie es die Atmung ist, durch die Größe des „Wirkungszuwachses" mißt, den ein bestimmter „Reizzuwachs", z.B. eine Zunahme des CO_2-Gehaltes der Atmungsluft, herbeiführt, ist im Prinzip völlig gleichgültig. Kürzlich ist GRAY [*3*] scharf gegen eine Vermengung dieser beiden Methoden, von denen nach ihm bloß die letztere als Maß der Erregbarkeit dienen dürfe, zu Felde gezogen, eine Vermengung, die es nach ihm ermögliche zu beweisen, daß „a horse chestnut is a chestnut horse". Eine solche Einschränkung des Erregbarkeitsbegriffes auf die Beobachtung des Wirkungszuwachses ist nicht nur völlig willkürlich, sie ist auch gänzlich unhaltbar. Man braucht ja nur die Reizschwelle als den Reizzuwachs zu definieren, der nötig ist, um einen unwirksamen Reiz in einen wirksamen zu verwandeln, um den einen Begriff in den anderen überzuführen. An der Wertlosigkeit des Erregbarkeitsbegriffes als erklärenden Prinzips wird auf keinen Fall etwas geändert.

Nach diesen Vorbemerkungen kehren wir nun zu unserem Thema zurück. Das MACHsche Prinzip der *Denkökonomie*, das bewußt oder unbewußt aller Forschung zugrunde liegt, hat schon vor langer Zeit zu dem Bestreben geführt, die atmungsverstärkenden Wirkungen des O_2-Mangels und der CO_2-Anhäufung auf eine einheitliche Ursache zurückzuführen. Vor allem glaubte man diese in der CO_2 suchen zu müssen, eine Auffassung, die auch heute noch von zahlreichen Autoren vertreten wird (vgl. z.B. NIELSEN [*4*]). Da aber unter den verschiedensten Bedingungen, unter denen der O_2-Mangel die am häufigsten beobachtete und untersuchte ist, die Atmungsgröße der CO_2-Spannung keineswegs parallel geht, oft sogar sich in entgegengesetztem Sinne ändert, so war diese „Kohlensäuretheorie der Atmungsregulation" nur unter der Annahme haltbar, daß unter diesen verschiedenen Bedingungen die „Erregbarkeit der Atemzentren" gegen Kohlensäure eine Änderung erfährt, eine Annahme, deren Wertlosigkeit als Erklärungsprinzip wir eben darzulegen uns bemüht haben. Ich habe daher vor langer Zeit versucht, einen anderen Weg einzuschlagen. Er gründete sich auf die Beobachtung, daß CO_2-haltige Luft deutlich zwei einander entgegengesetzte Wirkungen zu erzielen vermag, eine erregende, wie sie vor allem in der Atmungssteigerung hervortritt, gleichzeitig aber auch eine lähmende, narkotisierende (WINTERSTEIN [*5*]). Bei niederer Konzentration ist nur die erstere feststellbar, bei hohen tritt richtige Narkose ein. Es lag nahe, diese Tatsache damit in Zusammenhang zu bringen, daß die Kohlensäure in zwei Formen von verschiedenen chemischen Eigenschaften auftritt: als Kohlendioxyd CO_2, ein in Wasser und Fetten leicht lösliches, in hohen Konzentrationen narkotisch wirkendes Gas, und zweitens in chemischer Verbindung mit Wasser, als eigentliche Kohlen*säure* ($CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$), die zu beträchtlichem Teile dissoziiert ist ($H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$). Da bei neugeborenen Säugetieren, die mit einer Salz-

lösung künstlich durchspült wurden, die atmungserregende Wirkung der Kohlensäure sich durch andere Säuren ersetzen ließ und andererseits die Bildung saurer Stoffwechselprodukte bei O_2-Mangel bekannt war, glaubte ich, in der Wasserstoffionenkonzentration (cH) den gemeinsamen Faktor gefunden zu haben. So stellte ich im Jahre 1910 die Theorie auf, daß die Größe der Lungendurchlüftung durch die cH des Blutes bestimmt werde [*6*]. Ich hatte ohne weiteres angenommen, daß die cH in den Atemzentren jener des Blutes parallel gehe. Ich mußte bald feststellen, daß dies nicht der Fall war, daß, im Gegenteil, bei O_2-Mangel die Reaktion des Blutes sich nicht nach der saueren, sondern nach der alkalischen Seite verschiebt [*7*]. Aber nichts schien leichter erklärbar als das. Die bei O_2-Mangel angenommene Säurebildung konnte zuerst in den besonders empfindlichen Zentren selbst auftreten, wo sie schon früher von PFLÜGER, LANGENDORFF u. a. tatsächlich nachgewiesen worden war. Man mußte daher die primär im Blute auftretenden *hämatogenen* cH-Änderungen von den primär in den Zentren selbst auftretenden *zentrogenen* unterscheiden. Immer aber war es die in den Atemzentren selbst herrschende cH, die die Größe der Lungenventilation bestimmte [*8*]. Aber auch diese zweite Form der „Reaktionstheorie" sollte sich nicht als haltbar erweisen.

Anfangs der 30er Jahre erfolgte die Revolutionierung der Atmungsphysiologie durch C. HEYMANS (Literatur bei WINTERSTEIN [*2*]). Er entdeckte, daß der O_2-Mangel gar nicht zentral, sondern peripher in kleinen chemischen Sinnesorganen, den *Glomera*, angreift, die zum Teil am Aortenbogen, vor allem aber als *Glomus caroticum* an der Verzweigungsstelle der großen Halsschlagader, dem Sinus caroticus („Carotissinus"), gelegen sind. Die in den Glomera erzeugte Erregung wird durch besondere Chemorezeptoren-Nerven zu den Atemzentren geleitet. Überraschenderweise stellte sich jedoch heraus, daß die Reaktionstheorie trotzdem zu Recht bestand, nur daß der zentrogene Angriffspunkt der H-Ionen durch einen *glomerogenen* zu ersetzen war. EULER, LILJESTRAND und ZOTTERMAN [*9*] zeigten, daß es dieselben Chemorezeptoren-Nervenfasern sind, die sowohl die durch Kohlensäure wie die durch O_2-Mangel ausgelösten Atmungsreflexe leiten, und daß beide durch Injektion von ein wenig Ammoniaklösung beseitigt werden können. Diese Beobachtung ließ keine andere Erklärung zu, als daß sowohl O_2-Mangel wie Kohlensäure durch Änderung der in den Glomera herrschenden cH, also *endoglomerogen* wirksam sind.

So ergab sich als dritte Form der Reaktionstheorie (WINTERSTEIN [*2*]) die Auffassung, daß die Tätigkeit der Atemzentren *hämatogen* von der cH des Blutes abhängt, die teils direkt, teils durch Vermittelung der Glomera ihre Wirkung entfaltet, während der O_2-Mangel rein *glomerogen* durch Chemorezeptorenreflexe wirkt, deren Intensität von der intrazellulären cH der Glomera abhängt. Die im letzteren Falle durch die Atmungsverstärkung hervorgerufene Alkalisierung des Blutes ist insofern nicht nachteilig, als sie durch Herabsetzung des O_2-Druckes im Blut die von den Glomera ausgehenden Reizwirkungen verstärkt. Wir werden gleich sehen, daß auch diese Darstellung dem Tatbestand noch nicht in vollem Umfange gerecht wird.

Unter den Einwänden, die gegen die Reaktionstheorie erhoben wurden, sind wohl die wichtigsten die beiden folgenden: Bei intravenöser Injektion von Bikarbonat verschiebt sich die Reaktion des Blutes nach der alkalischen Seite; trotzdem wird die Atmung, wenigstens zu Beginn, meist verstärkt. Und zweitens, in der durch Verabreichung von NH_4Cl erzeugten Azidose steigt die cH des Blutes gewaltig an, aber die Atmungsverstärkung ist relativ gering, viel geringer jedenfalls als bei dauernder Einatmung eines CO_2-haltigen Gasgemisches, durch das die Blutreaktion nur wenig verändert wird (NIELSEN [*4*]). Der erste Einwand wurde schon in meiner Zusammenfassung [*1*] vor 30 Jahren widerlegt. JACOBS [*10*] hat gezeigt, daß tierische und pflanzliche Zellen in einer alkalischen, bikarbonathaltigen Umgebung in ihrem Inneren eine *sauere* Reaktion annehmen, weil das undissoziierte CO_2 durch die lipoidhaltigen Membranen hindurchtreten kann, die Ionen dagegen nicht oder nur langsam. In der gleichen Arbeit habe ich auch ein einfaches lebloses Modell beschrieben, das diese Erscheinung zu demonstrieren gestattet. Es muß daher bei dem oben erwähnten Versuch die Reaktion der Zellen des Atemzentrums sich nach der saueren Seite verschieben und so eine Verstärkung der Atmungsimpulse herbeiführen. In der Tat gelang es nicht lange darauf GESELL und Mitarbeitern [*11*], nachzuweisen, daß bei Bikarbonatinjektion mit dem Abfall der Blut-cH eine Steigerung der cH der Cerebrospinalflüssigkeit (CSF) einhergeht. Die große Bedeutung, die den Permeierungsverhältnissen in der Umgebung der Atemzentren zukommt, ist schon in der eingangs zitierten Zusammenfassung zum Ausdruck gekommen.

Wie verhält es sich nun mit dem zweiten Einwand der NH_4Cl-Azidose? Dies war der Gegenstand neuer Untersuchungen, die ich mit meiner Mitarbeiterin NURAN GÖKHAN [*12*] angestellt habe. Sie haben nicht bloß das vorliegende Problem gelöst, sondern darüber hinaus zu wesentlichen neuen Schlußfolgerungen über die Art der Beeinflussung der Atmungstätigkeit durch chemische Faktoren geführt.

JACOBS [*10*] hatte nicht bloß mit $H_2CO_3/NaHCO_3$, sondern auch mit NH_4OH/NH_4Cl-Lösungen, die ein p_H von 7,2 aufwiesen, Versuche angestellt und gefunden, daß in solche Lösungen eingetauchte Seeigeleier eine alkalische Reaktion annahmen. Es lag also durchaus im Bereiche der Möglichkeit, daß ebenso, wie das alkalische Bikarbonat eine in der cH-Steigerung der CSF zum Ausdruck kommende Säuerung der Atemzentren bewirkt, der sauere Salmiak gerade umgekehrt eine zentrale Alkalisierung herbeiführt, die sich dann in einer Reaktionsverschiebung des Liquors nach der *alkalischen* Seite dokumentieren müßte. Unsere Versuche ergaben, daß dies tatsächlich der Fall ist. Wird NH_4Cl in geeigneter Dosierung, die weder zu stark noch zu schwach sein darf, an Hunde verfüttert oder intravenös injiziert, so verschiebt sich die Reaktion des *Blutes* stark nach der *saueren*, jene der *CSF* dagegen nach der *alkalischen* Seite. Wenn, wie dies schon aus der Wirkung der Bikarbonatinjektion hervorgeht, die Reaktion der Zellen des Atemzentrums mit jener der CSF übereinstimmt oder wenigstens ihr parallel geht, so erklärt sich damit ohne weiteres, daß in der NH_4Cl-Azidose die Atmungsverstärkung nicht der Reaktionsverschiebung des Blutes entsprechen kann, weil die atmungabschwächende

Wirkung der Reaktionsverschiebung der CSF nach der alkalischen Seite dem entgegensteht. Die eintretende Atmungsveränderung ist offenbar das Resultat der algebraischen Summe der beiden Faktoren.

Damit aber erklärt sich gleichzeitig noch eine andere Erscheinung, die bisher merkwürdigerweise kaum Beachtung gefunden hat: die Intensität der NH_4Cl-Azidose. Die hierbei zu beobachtende cH-Steigerung im Blut ist viel größer, als sie bei Einführung anderer Säuren beobachtet wird. Berechnet man z.B. in unseren Versuchen mit intravenöser Injektion die NH_4-Konzentration der Gewebe unter der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der eingeführten 50 mg je kg, so ergibt sich eine Konzentration von etwa n/1000. Die dabei zu beobachtende p_H-Verschiebung im Blut übersteigt nicht selten 0,1. Salzsäureinjektionen dagegen, die zu einer Konzentration von etwa der gleichen Größenordnung führen, veranlassen nur eine kaum meßbare Verschiebung des Blut-p_H. Die Erklärung ist einfach. Einer der wichtigsten Regulatoren des Blut-p_H ist die Atmung. Sowie eine Verschiebung der Reaktion nach der saueren Seite eintritt, wird sie normalerweise durch Atmungsverstärkung und dadurch bedingte vermehrte CO_2-Auswaschung wieder zur Norm zurückgeführt, die Azidose wird kompensiert. Bei der NH_4Cl-Azidose ist dies nicht möglich; die Atmungsverstärkung ist wegen der gleichzeitigen Reaktionsverschiebung der CSF nach der alkalischen Seite unzureichend, und so bleibt die cH-Steigerung im Blute bestehen. Die unkompensierte NH_4Cl-*Azidose* ist eine Folge der CSF- und *Hirngewebsalkalose*.

Wie aber kommt nun diese eigenartige gegensinnige Reaktionsverschiebung von Blut und CSF zustande? HALDANE [*13*], der als erster die NH_4Cl-Azidose genauer beschrieb, erklärte ihr Zustandekommen durch Harnstoffbildung. Der per os verabreichte Salmiak sollte in der Leber gespalten werden, das NH_3 würde zu Harnstoff verarbeitet und die HCl freigesetzt. Diese Erklärung wurde allgemein akzeptiert, aber niemals direkt bewiesen. Sie ist auch nicht richtig. Dagegen spricht schon die Beobachtung, daß die Azidose auch dann auftritt, wenn der Salmiak nicht verfüttert, sondern intravenös, also unter Umgehung des Pfortaderkreislaufes zugeführt wird. Es ist schon lange bekannt, daß unter solchen Bedingungen die Harnstoffbildung stark reduziert ist. Wir konnten zeigen, daß man durch Unterbinden sowohl der Pfortader wie der Leberarterie und direkte Überleitung des Pfortaderblutes in die Jugularvene den Leberkreislauf vollständig ausschalten kann, ohne daß dadurch die cH-Steigerung im Blut bei intravenöser NH_4Cl-Injektion beeinträchtigt wird. Die Erklärung der Azidose muß also eine andere sein. Bringt man Salmiak in Lösung, so enthält diese NH_4^+ und Cl^-. Nur das erstere interessiert uns hier, da das zweite an der Reaktion keinen Anteil nimmt. Das Ammonium dissoziiert entsprechend der Gleichung $NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3 + H^+$, bewirkt also Säuerung, das Ammoniak aber bildet entsprechend der Gleichung $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ Hydroxylionen. Das Gleichgewicht zwischen diesen beiden Vorgängen verleiht der Salmiaklösung den Charakter einer (in der von uns verwendeten Konzentration sehr schwachen) Säure. Was geschieht nun im Organismus? Offenbar das gerade Gegenstück zu dem, was wir bei der Bikarbonatinjektion gesehen haben. Ebenso wie das CO_2 durchwandert auch das elektrisch neutrale Ammoniak die zwischen Blut und CSF befindliche lipoidhaltige Blut/Liquor-Schranke leicht und relativ schnell, während die Ionen sie nur langsam passieren können, und so verstärkt sich auf der einen (Blut-) Seite die sauere Reaktion, während sich auf der anderen (CSF-) Seite gemäß der zweiten Gleichung alkalische Reaktion entwickelt.

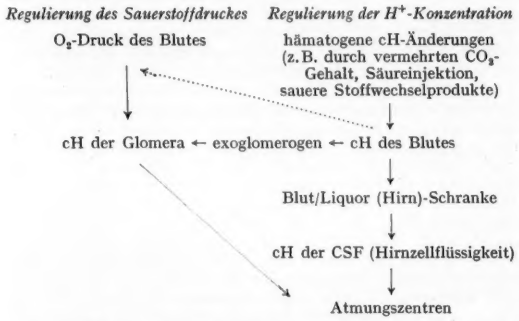
Wenn nun, wie wir gesehen haben, die in der NH_4Cl-Azidose beobachtete Atmungsänderung die algebraische Summe zweier gegensinniger Reaktionsänderungen ist, so ergibt sich die Frage, ob der Angriffspunkt beider in den Atemzentren der gleiche ist. Dies ist nicht sehr wahrscheinlich. Wir haben gehört, daß es zwei verschiedene Angriffspunkte gibt, von denen aus die Atemzentren beeinflußt werden können, einen direkten, zentralen, und einen peripheren, die Glomera. Der Sauerstoffmangel wirkt, wie wir gehört haben, *endoglomerogen*, indem er, offenbar auf dem Wege von Stoffwechselvorgängen, die cH im Inneren der Glomera steigert. Es ist aber schon lange bekannt, daß auch Reaktionsänderungen des die Glomera umspülenden Blutes, *exoglomerogen*, die von ihnen ausgehenden Chemorezeptorenreflexe je nach der Größe der cH steigern oder vermindern können. Wir untersuchten daher, wie sich Hunde in der NH_4Cl-Azidose verhalten, bei denen die für die Atmungsbeeinflussung wichtigsten Glomera, nämlich die des Carotissinus entfernt worden waren. Das Resultat war überraschend. Obwohl die Reaktionsverschiebungen die gleichen waren wie vorher, also im Blut nach der saueren, im Liquor nach der alkalischen Seite, trat jetzt keine Verstärkung, sondern im Gegenteil eine beträchtliche *Abschwächung der Atmung* ein. Dies beweist, daß die beim normalen Tier zu beobachtende *Atmungsverstärkung* rein *reflektorisch, exoglomerogen* oder *hämatoglomerogen* ist, da sie nach Ausschaltung der Chemorezeptoren verschwindet. Es bleibt dann nurmehr die durch die Reaktionsverschiebung des Liquors nach der alkalischen Seite bedingte Atmungsabschwächung übrig, die wir daher als *liquorogen* bezeichnen wollen.

Hier müssen nun, ohne näheres Eingehen auf diese viel umstrittene und bisher ungelöste Frage, einige Worte über das Problem der *Blut/Hirnschranke* eingeschaltet werden. Zwischen Blut und Gehirn liegt eine Barriere, die bestimmte Stoffe hindurchläßt und andere nicht. Das ist eine unbestrittene Tatsache. Eine Anzahl von Stoffen wirken nicht auf das Zentralnervensystem, wenn man sie in die Blutbahn bringt, sie wirken erst, wenn man sie direkt in die CSF einführt. Also gibt es auch eine Barriere zwischen Blut und Liquor. Sind diese beiden Barrieren identisch oder nicht? Früher glaubte man, daß sie es sind, und daß alle Stoffe, um in das Gehirn gelangen zu können, die CSF passieren müssen. Diese erfüllt das Innere der Hirnhöhlungen, umspült das Gehirn von außen in den mit diesen Höhlungen kommunizierenden Subarachnoidalräumen, die sich zwischen der Hirnoberfläche und der sie bedeckenden „Spinnwebenhaut" (Arachnoidea) befinden, und begleitet in den sog. VIRCHOW-ROBINschen Räumen die Hirnarterien bis tief in das Innere des Gehirns. Heute wird meist angenommen, daß es zwei gesonderte Schranken gibt, und daß Stoffe auch, ohne den Liquor passieren zu müssen, in das Gehirn gelangen können. Tatsächlich

scheinen zwischen den Blutkapillaren und der Hirnsubstanz selbst keine CSF enthaltenden Hohlräume mehr vorhanden zu sein. Wir haben nun gesehen, daß nach Ausschaltung der Chemorezeptoren die Reaktionsverschiebung des Blutes nach der *saueren* Seite nicht mehr zu wirken vermag und nur noch die Reaktionsverschiebung der CSF nach der *alkalischen* Seite wirksam bleibt. Das läßt, glaube ich, nur folgende zwei Deutungen zu: entweder die H^+-Ionen müssen, um wirken zu können, wirklich den Liquor passieren, dann gibt es der alten Auffassung entsprechend nur eine Blut/Liquor-Schranke, die gleichzeitig Blut/Hirn-Schranke ist, oder aber die Blut/Hirn-Schranke und die Blut/Liquor-Schranke stimmen, zum mindesten in ihrem Verhalten gegenüber den H^+-Ionen, miteinander überein. Auf jeden Fall gestattet die Untersuchung des Liquors einen zuverlässigen Schluß auf die in den Hirnzellen oder in der Hirnflüssigkeit vorliegenden Verhältnisse, die einer direkten Untersuchung bisher leider nicht zugänglich sind. Dies rechtfertigt wohl, die dem Verhalten des Liquors entsprechenden Atmungsveränderungen als *liquorogen* zu bezeichnen.

Das Vorhandensein einer Barriere gegenüber den vom Blut ausgehenden direkten (d.h. nicht reflektorischen) Atmungsbeeinflussungen stellt einen neuen und, wie ich glaube, schlagenden Beweis dafür dar, daß es die H^+-Ionen sind und nicht das CO_2, von dem diese Wirkungen ausgehen. Es gibt zahlreiche Ionenbarrieren, jede elektrisch geladene Membran kann eine solche sein, aber es gibt keine Barriere gegen CO_2, das durch alle wäßrigen oder lipoiden Membranen mit Leichtigkeit hindurchzutreten vermag.

Fassen wir auf Grund unserer neuen Erkenntnisse die „Reaktionstheorie" in ihrer 4. Form zusammen, so ergibt sich das folgende Schema:



Das Schema besagt: Die Lungenventilation ist der chemische Regulator des Sauerstoffdrucks und der Gewebsreaktion. Der O_2-Druck des Blutes bestimmt durch die von ihm abhängigen Stoffwechselvorgänge die im Innern der Glomera herrschende cH und so *endoglomerogen* die Erregungsvorgänge, die durch die Chemorezeptoren-Nerven zu den Atemzentren gelangen. Die primär im Blut (z.B. durch Einatmung von Luft mit erhöhtem CO_2-Gehalt, durch Injektion von Säuren oder durch sauere Stoffwechselprodukte) erzeugten cH-Änderungen wirken auf drei Wegen: einmal wieder reflektorisch auf dem Wege der Glomera, deren cH sie von außen her *exoglomerogen* oder *hämatoglomerogen* ändern, zweitens *endoglomerogen*, indem die cH des Blutes ihrerseits auf den O_2-Druck zurückwirken kann (gestrichelte Linie), denn bei gleichem O_2-*Gehalt* ist der O_2-*Druck* höher, wenn das Blut weniger alkalisch ist (dieser sog. „BOHR-Effekt" tritt wohl nur bei O_2-Mangel in Erscheinung), und drittens direkt (d.h. nicht reflektorisch) durch die Änderungen der cH, die nach Passage der Blut/Liquor- und Blut/Hirn-Schranke in der CSF bzw. der in den Atemzentren vorhandenen Zellflüssigkeit *hämatoliquorogen* erzeugt werden. Die eintretenden Änderungen der Lungendurchlüftung entsprechen der algebraischen Summe aller glomerogenen und liquorogenen cH-Änderungen.

Die Erkenntnis, daß die Atmungsgröße von der Reaktion des Liquors (in dem oben dargelegten Sinne) abhängt und daß diese Reaktion jener des Blutes nicht zu entsprechen braucht, ja mitunter sogar in entgegengesetztem Sinne sich zu ändern vermag, läßt sich in ihrer Tragweite vorläufig nicht übersehen, da sie eine Neuuntersuchung des Tatsachenmaterials erfordert, das über die chemische Beeinflussung der Atmungstätigkeit bisher vorliegt. Nur zwei Beispiele seien hierfür erwähnt. Vor nicht langer Zeit hat GRAY [*3*] eine „multiple factor Theory" aufgestellt. An Hand der statistischen Durcharbeitung eines großen Materials in der Literatur vorliegender Daten hat er zu beweisen gesucht, daß von den drei die Atmungsgröße beeinflussenden Faktoren, O_2-Druck, CO_2-Druck und cH, keiner für sich allein eine einheitliche Erklärungsmöglichkeit gibt, sondern nur ein Zusammenwirken aller drei zwar miteinander in Wechselwirkung stehenden, aber doch selbständig wirksamen Faktoren. Dieses Zusammenwirken würde sich in einer Reihe von Gleichungen darstellen lassen. Die Voraussetzung der ganzen Theorie ist die Annahme einer konstanten Verknüpfung der im arteriellen Blute und der in den Hirnzellen auftretenden Veränderungen, eine Annahme, der durch die vorangehenden Beobachtungen jede Grundlage entzogen wird. — Ein zweites Beispiel: GOLLWITZER-MEIER [*14*] hat bei Einatmung von Luft verschiedener Zusammensetzung eine Reihe von Nachwirkungen entdeckt, die durch die bisherigen Atmungstheorien nicht erklärbar erscheinen. Die Feststellung, daß die nicht reflektorische Beeinflussung der Atmungstätigkeit von der CSF und nicht vom Blut abhängig ist, wird vielleicht die Möglichkeit geben, sie in einfacher Weise zu verstehen. Denn eine Nachwirkung, die vom Standpunkte der Blutbeschaffenheit aus nicht zu erklären ist, kann vielleicht durch die Zusammensetzung des Liquors durchaus erklärbar sein, weil die Veränderungen im Liquor weder quantitativ noch zeitlich mit jenen des Blutes übereinzustimmen brauchen. So haben wir schon jetzt beobachtet, daß experimentell erzeugte cH-Änderungen im Liquor oft viel länger anhalten als im Blut.

Das neue Arbeitsfeld, oder richtiger gesagt, die Umackerung des alten Arbeitsfeldes wird vielleicht noch manche überraschende Erkenntnisse zutage fördern.

Literatur.

[*1*] WINTERSTEIN, H.: Naturwiss. **11**, 625, 644 (1923). — [*2*] WINTERSTEIN, H.: Experientia [Basel] **5**, 221, 261 (1949). — [*3*] GRAY, J. S.: Pulmonary Ventilation. Springfield (Ill.): Ch. C. Thomas 1950. — [*4*] NIELSEN, M.: Skand. Arch. Physiol. [Berl. u. Lpz.] **74**, Suppl. **10**, 83 (1936). — [*5*] WINTERSTEIN, H.: Arch. Anat. u. Physiol., Physiol. Abt. **1900**, Suppl., 177. — [*6*] WINTERSTEIN, H.: Wien. med. Wschr. **1910**, Nr. 39. — Pflügers Arch. **138**, 167 (1911). —

[7] WINTERSTEIN, H.: Biochem. Z. 70, 45 (1915). — [8] WINTERSTEIN, H.: Pflügers Arch. 187, 293 (1921). — [9] EULER, K. v., G. LILJESTRAND u. Y. ZOTTERMAN: Skand. Arch. Physiol. [Berl. u. Lpz.] 83, 132 (1940). — [10] JACOBS, M. H.: Amer. J. Physiol. 51, 321; 53, 457 (1920). — J. Gen. Physiol. 5, 181 (1922). — [11] GESELL, R., and A. B. HERTZMAN: Amer. J. Physiol. 78, 610 (1926). — [12] WINTERSTEIN, H., et N. GÖKHAN: Résumés des Communications. II. Congrès Internat. Biochemie, Paris 1952, S. 377. — Pflügers Arch. 256, 85 (1952). — Arch. internat. Pharmacodynamie 93, 212 (1953). [13] HALDANE, J. B. S.: J. of Physiol. 55, 265 (1921). — [14] GOLLWITZER-MEIER, KL.: Pflügers Arch. 249, 3, 17, 32 (1947).

Istanbul Üniversitesi Fizyoloji Enstitüsü, Universität Istanbul, Physiologisches Institut.

Eingegangen am 22. Januar 1953.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich.

Zur Theorie der Bruchvorgänge.

Das eigentliche Problem des Bruchs besteht darin, einen Mechanismus dafür anzugeben, wie ein stabiler Riß in atomaren Dimensionen entsteht und sich zu mikroskopischen Dimensionen vergrößert, denn dann kann der Bruchvorgang bei den üblichen Spannungen in der von GRIFFITH angegebenen Weise spontan fortschreiten. Die Hauptfrage hierbei ist wiederum, wie die verhältnismäßig große Oberflächenenergie eines kleinen Risses aufgebracht werden kann. Der in den letzten Jahren aufgedeckte Zusammenhang zwischen Versetzungen und Leerstellen im Gitter[1)2)] legt die Vorstellung nahe, daß letztere beim plastischen Gleiten in genügender Anzahl entstehen und zusammendiffundieren und so die Oberflächenenergie in kleinen Anteilen zusammengebracht wird (s. unten). Es ist auf diese Weise aber sicher nicht möglich, den Sprödbruch zu erklären, der ohne merkliche plastische Verformung in sehr kurzer Zeit erfolgt. Es sind dazu weder ausreichend Leerstellen vorhanden, noch kann bei den verhältnismäßig tiefen Temperaturen, bei denen dieser Bruch auftritt, die Diffusion eine merkliche Rolle spielen. Es besteht jedoch auf der Grundlage der Versetzungen die im folgenden beschriebene Möglichkeit.

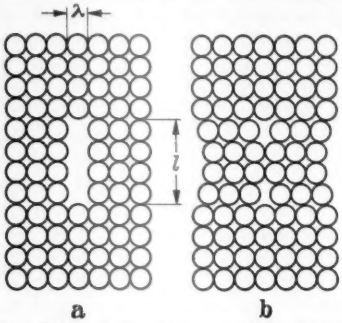


Fig. 1 a u. b. a Ein durch Einschieben von Atomschichten erzeugtes Loch. b Der entsprechende Versetzungszustand.

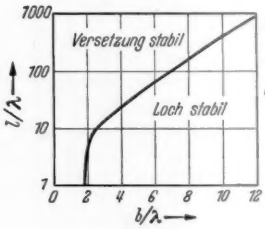


Fig. 2.

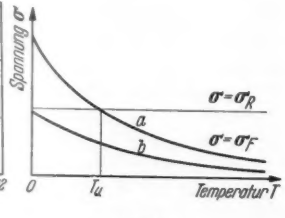


Fig. 3.

Fig. 2. Abhängigkeit der Länge l von der Breite b eines Loches, das gegenüber der entsprechenden Versuchsanordnung eben noch stabil ist.

Fig. 3. Temperaturabhängigkeit der Sprödbruchspannung σ_R und der Fließgrenze σ_F. T_u Temperatur beginnender Versprödung.

In Fig. 1 a ist angenommen, daß ein Kristall längs einer zur Bildebene senkrechten Ebene aufgeschnitten, die Schnittflächen um einen Atomabstand λ voneinander getrennt und längs der gestrichelten Linien zwei ebene Atomschichten eingefügt worden sind, so daß ein Loch der Breite $b = \lambda$ und der Länge $l = 4\lambda$ entsteht, das sich in der Tiefe (senkrecht zur Bildebene) durch den ganzen Kristall erstreckt (zweidimensionaler Zustand). Dieser Zustand ist jedoch nicht stabil, denn wenn die Ränder des Loches zusammenklappen, ergibt sich nach Fig. 1 b ein elastisch verspannter Zustand, dessen Energie wesentlich geringer ist als die Oberflächenenergie des Loches. Ein solcher Zustand stellt zwei ungleichnamige Versetzungen der Versetzungsstärke $b = \lambda$ im Abstand l dar. Die Fragestellung lautet also zunächst, bis zu welcher Länge l ein Loch bei gegebener Breite b stabil ist gegenüber der entsprechenden Versetzungsanordnung.

Für eine Versetzungsanordnung, bei welcher sich im Abstand l zwei ungleichnamige Gruppen von je n gleichnamigen Versetzungen gegenüberstehen, ergibt sich die in Fig. 2 dargestellte Abhängigkeit der Länge $l = l_0$ von der Breite $b = n\lambda$, bis zu welcher das Loch stabiler ist als die Versetzungsanordnung. Wie zu ersehen ist, ergeben bereits je zwei Versetzungen ein stabiles Loch von etwa fünf Atomabständen Länge, das allerdings noch gewisse geringfügige elastische Deformationen erfährt, da die Lochränder noch merkliche Kräfte aufeinander ausüben bei entsprechend verkleinerter spezifischer Oberflächenenergie. Mit zunehmendem n steigt dann l_0 sehr rasch an.

Auch wenn die Entfernung l der Versetzungsgruppen größer ist als die Grenzentfernung l_0, schließt sich für $n = 2$ das Loch nicht vollständig; es bildet sich vielmehr um jede Gruppe ein Loch der Länge $l' \sim l_0/2$. Somit bildet auch schon eine isolierte Gruppe von zwei gleichnamigen Versetzungen ein Loch der Breite $b \sim 2\lambda$ und der Länge $l' \sim 2\lambda$. Erstrecken sich die Versetzungen bzw. das Loch nicht durch den ganzen Kristall, so verändern sich die Energieverhältnisse zugunsten des Loches. Die genannten Abschätzungen ergeben also Mindestwerte für die Querschnittsabmessungen stabiler Löcher.

Damit ist folgender Mechanismus der Rißbildung möglich: Zwei von einer Quelle ausgehende gleichnamige Versetzungen laufen an einem Hindernis zusammen und bilden einen Anriß, der im Querschnitt Abmessungen von $\sim 2\lambda$ und in der Tiefe von $\sim 10^4\lambda$ besitzt. Durch zwei von einer anderen Quelle im Abstand $l \sim 5\lambda$ herkommende Versetzungen mit umgekehrtem Vorzeichen wird dann die elastische Energie praktisch vollständig beseitigt, so daß die weiteren von der ersten Stelle ausgehenden Versetzungen keine merklichen Abstoßungskräfte mehr zu überwinden haben und der Anriß ohne Schwierigkeiten wächst. Entsprechend der Verteilung der Quellen und Hindernisse bilden sich so zunächst Risse von $\sim 100\lambda$ Länge, die sich unter Mitwirkung weiterer Versetzungen zu einem mikroskopischen Riß zusammenschließen, der nach dem Mechanismus von GRIFFITH den Bruch herbeiführt. Da diese Vorgänge zeitlich rasch und im ganzen ohne merkliche plastische Verformung ablaufen, so beschreiben diese Vorstellungen den Sprödbruch.

Damit das entscheidende Ereignis, das Zusammenwandern zweier gleichnamiger Versetzungen, stattfinden kann, müssen die Versetzungen auf etwa 90% der Schallgeschwindigkeit beschleunigt werden, damit sie das bei Annäherung auftretende starke Abstoßungspotential überwinden können. Dies erfordert wiederum, daß ihre Bewegung durch die thermischen Schwingungen nicht wesentlich behindert wird. Es konnte noch nicht streng nachgewiesen werden, ob dies der Fall ist oder nicht [vgl. [3)]]. Wir nehmen diese Voraussetzung oberhalb einer Spannung $\sigma = \sigma_R$, die dann die Sprödbruchspannung angibt, als zutreffend an. Wegen der dabei ins Spiel tretenden hohen Energien ist σ_R praktisch temperatur- und geschwindigkeitsunabhängig (Fig. 3). Bei kleineren Spannungen dagegen sollen die atomaren Hindernisse (Fremdatome, fehlbesetzte

Gitterplätze) durch thermische Aktivierung überwunden werden, so daß die Versetzungen nur noch langsam wandern und keinen Sprödbruch, sondern plastisches Gleiten bewirken. Die thermische Aktivierung bedingt einen Temperatur- und Geschwindigkeitseinfluß, dem zufolge die normale Fließgrenze $\sigma = \sigma_F$ mit abnehmender Temperatur ansteigt (Fig. 3). Schneidet die Kurve $\sigma = \sigma_F$ die Kurve $\sigma = \sigma_R$ bei einer Temperatur $T = T_u$, wie bei den kubisch raumzentrierten Metallen (Kurve *a* in Fig. 3), so tritt oberhalb T_u Gleiten, unterhalb T_u Sprödbruch auf. Verläuft die Kurve $\sigma = \sigma_F$ stets unterhalb der Kurve $\sigma = \sigma_R$, wie bei den kubisch flächenzentrierten Metallen, vielleicht mit Ausnahme der unmittelbaren Umgebung des absoluten Nullpunktes (Kurve b), so tritt stets Gleiten und kein spröder Bruch auf. Diese Zusammenhänge wurden formelmäßig bereits beschrieben[4]).

Während des Gleitens werden durch die Versetzungen Leerstellen in erheblicher Anzahl im Gitter erzeugt[1]). Unter dem Einfluß der wirkenden Spannung, der Temperatur und (bei kleinen Abständen) ihrer eigenen Wechselwirkung diffundieren sie zu Löchern zusammen. Haben diese die oben angegebenen Abmessungen, die etwa zwei Versetzungspaaren zukommen, erreicht, so können sie auch durch langsam wandernde Versetzungen vergrößert werden, bis der Bruchvorgang nach GRIFFITH fortschreiten kann. Bei Schwingungsbeanspruchung tritt als besonderer Umstand die erzwungene hin- und hergehende Bewegung der Leerstellen hinzu, wodurch diese eine Art BROWNscher Bewegung unter Mitwirkung von treibenden Kräften ausführen. Bei Spannungen, bei denen nur sehr kleine Gleitgeschwindigkeiten auftreten (Kriechen), spielt der Zeitfaktor eine entscheidende Rolle. Beide Umstände bedingen, daß bei diesen Beanspruchungen, zum Teil weit unterhalb der normalen Fließgrenze, im ganzen verformungsarme, jedoch durch örtliche plastische Verformungen bedingte Brüche auftreten können.

Mit diesen Vorstellungen ergibt sich somit eine definierte und begründete Deutung der mannigfaltigen Brucherscheinungen auf einheitlicher Grundlage.

Einzelheiten werden in einer ausführlichen Mitteilung des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung im Archiv für das Eisenhüttenwesen mitgeteilt werden.

Düsseldorf, Max-Planck-Institut für Eisenforschung.

ALBERT KOCHENDÖRFER.

Eingegangen am 10. Juni 1953.

[1]) SEITZ, F.: Adv. Physics **1**, 43 (1952).
[2]) KOCHENDÖRFER, A.: Z. Elektrochem. **56**, 283 (1952).
[3]) COTTRELL, A. H.: Theory of Dislocations. In: Progress in Metall Physics, Bd. 1 und 4. London: Pergamon Press 1949 u. 1953.
[4]) KOCHENDÖRFER, A.: Z. Metallkde **39**, 376 (1948).

Zur Schalenstruktur der Atomkerne. II.

Kürzlich teilte ich die Ergebnisse der Rechnungen mit, die ich auf Grund der bekannten HAXEL-JENSEN-SUESS-MAYERschen Theorie, gewöhnliche YUKAWAsche Wechselwirkung zwischen den Nukleonen annehmend, erhielt[1]). Bei der Ausführung der Rechnungen war es wesentlich, daß die Dichte der Nukleonen innerhalb des Kernes als konstant angenommen wurde. Im folgenden berichte ich einige weitere Ergebnisse.

Rechnen wir ebenso wie in I. auch jetzt in der HARTREEschen Näherung, dann wird die Bewegung der einzelnen Nukleonen von der SCHRÖDINGER-Gleichung:

$$\Delta \Psi_i + \frac{2m}{\hbar^2}\left(E_i - \frac{1}{2} g \Phi\right) \Psi_i = 0$$

beschrieben, wo Φ das Potential des Mesonenfeldes des Atomkerns ist, das die Gleichung

$$\Delta \Phi - \mu^2 \Phi = 4 \pi g \varrho = 4 \pi g \sum |\Psi_i|^2$$

erfüllt. Die Bezeichnungen sind dieselben wie in I.

Nehmen wir aber jetzt die Dichtefunktion ϱ in der Form

$$\varrho = \varrho_0 \, e^{-\alpha r^2}$$

an. Wenn wir nun Φ kugelsymmetrisch annehmen, so ergibt sich für die Lösung:

$$\Phi(x) = \beta \frac{e^x [\Phi_G(a x + 1/2 a) - 1] + e^{-x} [\Phi_G(a x - 1/2 a) + 1]}{x},$$

wo $\quad x = \mu r, \; a = \mu^{-1} \sqrt{\alpha}, \; \beta = g A \mu \exp[(4 a^2)^{-1}]/2$

und Φ_G die bekannte GAUSSsche Fehlerfunktion bedeuten. Die Werte der Konstanten α und ϱ_0 werden durch die folgenden Relationen bestimmt:

$$\int_0^\infty \varrho \, dv = A; \qquad \varrho_0 = A \left(\sqrt{\frac{\alpha}{\pi}}\right)^3$$

$$\int_0^R \varrho \, dv = A - 1; \qquad \alpha = \frac{6{,}25}{R^2}.$$

R bedeutet hier den empirischen Kernradius ebenso wie in I.

Wenn wir für die für die Spin-Bahnaufspaltung charakteristische Größe λ so wie in I. auch jetzt $\lambda = 10$ und für die Größe g ebenso wie in I. $g = 3 \cdot 5\, e$ wählen, — infolge eines Versehens stand in I. $g = 5\, e$, dies soll jetzt korrigiert werden —, bekommen wir die in Fig. 1 dargestellten Verhältnisse ($A = 212$). Der Fehler der Rechnungen ist unter 5%.

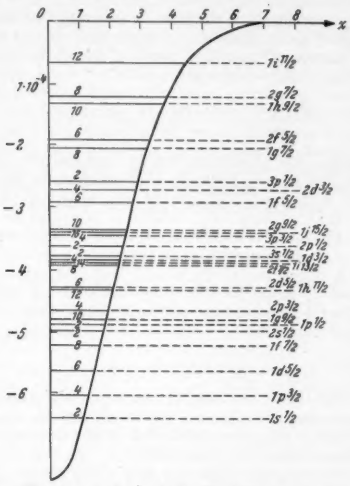


Fig. 1. $g\,\Phi$ (in erg) als Funktion von x.

Es ist ersichtlich, daß das mit dieser Dichteverteilung sich ergebende Bild mit der Erfahrung vollkommen in Widerspruch steht. Wir bemerken noch, daß wir in dieser Mulde auch ohne Spin-Bahnaufspaltung die Energie-Eigenwerte ausgerechnet haben. Die Ergebnisse stimmen mit den sich aus den bekannten Schemapotentialen ergebenden Resultaten überein. Man kann also daraus folgern, daß die Niveaureihenfolge im Atomkern sich am besten bei der Annahme konstanter Dichte ergibt. Über diese Annahme beabsichtige ich in Kürze in den Acta Physica Hungarica eine eingehendere Diskussion zu veröffentlichen.

Zentral-Forschungs-Institut für Physik, Abteilung für Theoretische Kernphysik. Budapest, VIII. Puskin utca 5—7.

G. SZAMOSI.

Eingegangen am 23. Juni 1953.

[1]) SZAMOSI, G.: Naturwiss. **40**, 105 (1953). (Im folgenden als I. zitiert.)

Can matter be created out of Cosmic radiation?

Before the advent of relativity theory JEANS had suggested the possibility of positively and negatively charged mass-particles annihilating one another and transforming themselves completely into electromagnetic radiation. This was indeed a very bold idea in pre-relativistic days. According to the presentday concepts of physics and astrophysics, however, this is no longer a revolutionary idea and has in fact been verified in practice. From the relativistic concept of the identity of mass and energy it is equally natural to suppose that the converse process of transformation of radiation into matter must also occur, although there is yet no experimental or observational evidence available on this point.

Let us consider, as a matter of speculation, the simple case of the collision of two identical photons carrying radiation of frequency ν. We assume that the result of this collision is that a part of the energy of the photons is converted into matter in the form of one proton and one electron, and that the remainder of the energy of the two photons provides

the kinetic energy of the two mass-particles. If the photons formed part of a „Hohlraum" at temperature T, then the proton and the electron would have kinetic energy corresponding to the hohlraum temperature T. The energy equation for this transformation is

$$2\,h\nu = (M+m)\cdot c^2 + 3\,k\,T, \tag{1}$$

where h = PLANCK's constant $= 6{\cdot}6234\times 10^{-27}$ erg · sec., c = velocity of light $= 2{\cdot}9977\times 10^{10}$ cm/sec., k = the gas constant usually called BOLTZMANN's constant $= 1{\cdot}3803\times 10^{-16}$ erg/deg, M = mass of proton $= 1{\cdot}6725\times 10^{-24}$ gm and m = mass of electron $= 9{\cdot}1055\times 10^{-28}$ gm. Now if we regard the energy of an electron as being of electrical origin and calculable in accordance with COULOMB's law, then we have

$$m c^2 = \frac{e^2}{\alpha\cdot r_E}, \quad \text{or} \quad m = \frac{1}{c^2}\cdot\frac{e^2}{\alpha\cdot r_E} \tag{2}$$

where r_E = radius of electron, e = charge of electron $= 4{\cdot}8024\times 10^{-10}$ e.s.u., and α = a numerical factor depending upon the nature of the distribution of charge in the electron. From (1) and (2) we obtain

$$\frac{M+m}{m} = \frac{\alpha\cdot r_E}{e^2}\cdot(2\,h\nu - 3\,k\,T). \tag{3}$$

From an idea originally due to EDDINGTON, which has later been used also by FÜRTH[1]), that an electron and a proton combine to form the electrically neutral structure of a photon it follows that $r_P + r_E = r_Q$, where r_P = radius of a proton and r_Q = radius of a light-quantum or photon regarded as a sphere containing radiation of wavelength $\lambda = c/\nu$. On the other hand, according to ORNSTEIN and BURGER, the radius of a photon is equal to the wavelength of the radiation it carries. Therefore we have $r_P + r_E = r_Q = \lambda = c/\nu$, or since r_P is small compared to r_E,

$$r_E = r_Q = \lambda = c/\nu. \tag{4}$$

It is doubtful if the relation (4) can be valid for all photons, but it seems plausible at least in the case of the quantum of cosmic radiation whose wavelength is of the order of 10^{-13} cm. We therefore restrict our consideration to the collision between two photons of cosmic radiation and obtain from (3) and (4)

$$\frac{M+m}{m} = \frac{\alpha\cdot c}{e^2\cdot\nu_c}(2\,h\nu_c - 3\,k\,T). \tag{5}$$

Now, if we follow the same procedure for finding a relation between T and ν_c as I used many years ago in a note[2]) in this journal, then we get

$$\frac{48\,\pi\,h}{c^3}\cdot\left(\frac{k\,T}{h}\right)^4\cdot\frac{\pi^4}{90} = \frac{2\cdot h\nu_c}{2\cdot\frac{4}{3}\pi\,\lambda_c^3} = \frac{3\,h\nu_c^4}{4\pi\,c^3},$$

whence

$$k\,T = 0{\cdot}1957\,h\nu_c. \tag{6}$$

From (6) and (5) we have $\frac{M+m}{m} = \frac{h\cdot c}{e^2}(\alpha\times 1{\cdot}413)$; and considering the charge of the electron to be uniformly distributed over its surface and regarding the mass of the electron to be of electromagnetic origin we get $\alpha = \frac{3}{2}$ and finally

$$\frac{M+m}{m} = \frac{h\cdot c}{e^2}\times 2{\cdot}12 \tag{7}$$

or simply,

$$h = \frac{1}{\pi - 1}\cdot\frac{M}{m}\cdot\frac{e^2}{c}, \tag{8}$$

the divergence between $\pi - 1$ and $2{\cdot}12$ being less than 1%.

It will be noticed that the relation (8) is precisely the same as the "universal relation between h and e" derived by PERLES[3]) from entirely empirical considerations. The present manner of arriving at the same relation appears to give a little more insight into the question. There are also two other interesting points about this method of deriving the relation. One is that by using the latest values[4]) of the universal constants in (7) we obtain $M/m = 1827{\cdot}4$, which is in remarkably close agreement with the latest value of this ratio, namely $1836{\cdot}57$. The other interesting point is that if we compute ν_c from (1) and (6) using the latest values of the atomic constants and then substitute the value of ν_c thus derived in (6), we obtain $T = 1{\cdot}5\times 10^{12}$, which is a temperature of the same order as has been recently found to occur in certain radio stars.

In 1931 when my earlier note referred to above was written there was no observational evidence of the existence of such high electron or kinetic temperatures in astronomical bodies. But during the last few years temperatures of the order of 10^{12} or even 10^{14} degrees have been discovered through the latest developments in radioastronomical methods of observation. It has recently been suggested that stellar envelopes capable of emitting radio waves whose intensity corresponds to a temperature of the order of 10^{14} degrees K may also be responsible for the emission of the primary cosmic rays[5]). May it not be that the transformation of radiation into material particles in the manner imagined in the present, admittedly speculative, note points the way to an understanding of the mechanism of emission of cosmic rays as well as of radio waves' from such stellar envelopes or from nebulae?

Kodaikanal Observatory, India.

A. K. DAS.

Eingegangen am 15. Juli 1953.

[1]) FÜRTH, R.: Naturwiss. **17**, 688 (1929).
[2]) DAS, A. K.: Naturwiss. **19**, 305 (1931).
[3]) PERLES, J.: Naturwiss. **16**, 1094 (1928).
[4]) DUMOND, J. W. M., and E. R. COHEN: Rev. of Mod. Physics **20**, 82 (1948).
[5]) RYLE, M.: Rep. Progr. Physics **13**, 184 (1950).

Absorptionsuntersuchungen an gesteuerten Funkenentladungen.

Wie in früheren Mitteilungen[1]),[2]) gezeigt werden konnte, ist der zeitliche Intensitätsverlauf der Spektrallinien in den Spektren von Metallfunken wesentlich abhängig von den elektrischen und thermischen Parametern der Entladung. Daß aber auch die Zeitabschnitte zwischen den eigentlichen elektrischen Entladungen für die Vorgänge im Funken nicht übersehen werden dürfen, kann durch die optische Absorption

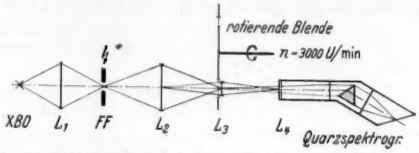


Fig. 1. Optische Anordnung zur Untersuchung gesteuerter Metallfunken in Absorption.

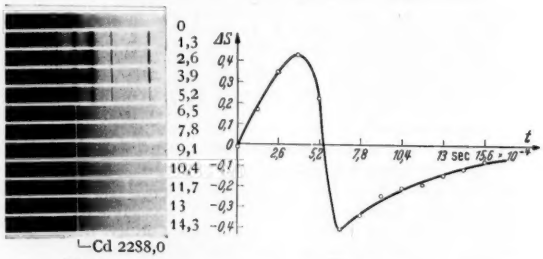


Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2. Übergang der Cd-Linie 2288,0 Å von Emission in Absorption bei „älter" werdendem Funken. Die Zahlen am rechten Rand der Figur geben die Zeit in 10^{-4} sec an.

Fig. 3. Änderung der Schwärzungsverhältnisse der Bi-Linie 3067,7 Å zum kontinuierlichen Untergrund mit der Zeit nach Beginn der Funkenentladung.

im Raum zwischen den Elektroden gezeigt werden. Erforderlich ist hierfür ein exakt arbeitender Synchronverschluß, durch den aus dem rasch ablaufenden oszillierenden Funken einzelne Teilabschnitte ausgeblendet werden können.

Bisher wurden für die Analyse schnell verlaufender Vorgänge vorwiegend Drehspiegelverfahren[3]) angewandt, die jedoch den Nachteil haben, laufende, auseinandergezogene Bilder der Erscheinungen zu liefern, aus denen nur schwer Aussagen über ihre Geometrie möglich sind. Wir ersetzen daher den Drehspiegel durch eine rasch umlaufende Kreisscheibe mit zwei um 180° gegeneinander versetzten radialen Schlitzen, die jeweils nur für kurze einstellbare Zeiten den Lichtweg in der optischen Achse frei geben.

Bei unserer Apparatur (Fig. 1) wird eine Xenon-Höchstdrucklampe XBO 301 in die Funkenstrecke und mit dieser in der üblichen Zwischenabbildung in den Kollimator des

Quarzspektrographen abgebildet. Dabei sorgt die rotierende Blende, die synchron mit dem Unterbrecher der Steuerfunkenstrecke des Funkenerzeugers umläuft, das nur Licht aus den gerade interessierenden Zeitabschnitten in den Spektrographen gelangt.

Die mit dieser Anordnung aufgenommenen Spektren (Fig. 2) zeigen zu Beginn der Entladung die Linien der beteiligten Elemente in Emission mit ganz geringer Intensität. Mit „älter" werdenden Funken erscheinen sie immer stärker, durchlaufen ein Maximum und verschwinden gegen Ende der Entladung, also dann, wenn keine elektrischen Durchschläge mehr erfolgen, vollständig. Unmittelbar anschließend aber, schon $1{,}3 \cdot 10^{-4}$ sec später, erscheint die Linie als tiefer Einbruch in Absorption in dem Kontinuum der Xenon-Höchstdrucklampe. Es ist bemerkenswert, daß auch $14{,}3 \cdot 10^{-4}$ sec nach Beginn der Entladung noch soviel Metalldampf in der Funkenstrecke vorhanden ist, daß die Linie noch immer in fast unverminderter Stärke in Absorption erscheint. Genauere Betrachtung der Aufnahmen zeigt die Linie sogar zu Beginn der Entladung in Absorption, d.h., die Zeit zwischen zwei Funken reicht augenscheinlich nicht aus, um den Metalldampf vollständig aus der Funkenstrecke zu entfernen. So sind in Fig. 3 die Schwärzungsverhältnisse der Bi-Resonanzlinie 3067,7 Å zum kontinuierlichen Untergrund in Abhängigkeit von der Zeit aufgetragen, und man erkennt deutlich, wie langsam der Metalldampf aus der Funkenstrecke verschwindet.

Dies gilt allerdings nur für stark verdampfende Metalle wie Cadmium, Magnesium u. ä. Bei Substanzen mit niedrigerem Dampfdruck erscheinen die Linien wesentlich schärfer, verschwinden im allgemeinen schneller und sind nach etwa $8 \cdot 10^{-4}$ sec nicht mehr zu erkennen.

Während das Funkenplasma in den ersten Teilentladungen des Funkens sicher nicht isotherm ist, darf dies gegen Ende der Entladung mit einigen Einschränkungen angenommen werden. Daraus ergibt sich aber die wichtige Folgerung, daß die Farbtemperatur der Funkenentladung beim Übergang des Spektrums von Emission in Absorption mit der der Kontinuumslampe, die bei unseren Betriebsbedingungen zu 7600° K bestimmt wurde*), übereinstimmen muß.

Physikalisches Institut der Universität Münster i. Westf.

JAN VAN CALKER.

Eingegangen am 12. Juni 1953.

*) Für die leihweise Überlassung einer XBO 301 und Mitteilung seiner Meßergebnisse bezüglich der Farbtemperatur bin ich Herrn Dr. K. LARCHÉ von der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung, Berlin, zu besonderem Dank verpflichtet.

[1]) CALKER, J. VAN, u. E. TACKE: Z. Naturforsch. 4a, 573 (1949).
[2]) CALKER, J. VAN: Spectrochim. Acta 5 (1953).
[3]) KAISER, H., u. A. WALLRAFF: Ann. Physik 34, 297 (1939).

Anisotropie der Leitfähigkeit in strömenden Polyelektrolytlösungen.

Bei Leitfähigkeitsmessungen an hochkondensierten Phosphaten wurde beobachtet, daß die Leitfähigkeit von der Rührung in der Meßzelle beeinflußt wird. Eine nähere Untersuchung dieses Effektes in einem Glasrohr zeigte, daß in strömenden Polyphosphatlösungen die Leitfähigkeit richtungsabhängig ist. Verlaufen die elektrischen Feldlinien senkrecht zur Strömungsrichtung, so ist die Leitfähigkeit kleiner, verlaufen sie parallel, dann ist die Leitfähigkeit größer als in einer ruhenden Lösung. Die Leitfähigkeitsänderung $\Delta\varkappa = \varkappa_{ruh} - \varkappa_{ström}$ steigt mit der Strömungsgeschwindigkeit bis zu einem Grenzwert. Mit zunehmender Polyphosphatkonzentration nimmt bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit $\Delta\varkappa$ ab. $\Delta\varkappa$ hängt von der Kettenlänge des Polyphosphates ab. Je kürzer die Phosphatkette, um so geringer die Leitfähigkeitsänderung. Messungen an einer Na-Thymonukleinatlösung hatten das gleiche Ergebnis.

Die Veränderung der Leitfähigkeit in strömenden Polyphosphatlösungen kann durch Ausrichtung der Polyanionen in der strömenden Lösung gedeutet werden. K. HECKMANN (im gleichen Institut) hat diesen Effekt aus theoretischen Gründen erwartet und experimentelle Anhaltspunkte für seine Existenz bei Seifenmizellen gefunden.

Quantitative Messungen über die Anisotropie der Leitfähigkeit in strömendem Medium sind im Gange.

Max-Planck-Institut für Physikalische Chemie, Göttingen.

U. SCHINDEWOLF.

Eingegangen am 20. Juli 1953.

Ionisation in kalten Flammen.

Es ist seit langem bekannt, daß Flammen stark ionisiert sind, obwohl dafür bis heute keine befriedigende Erklärung gefunden wurde. Vor gut 10 Jahren gelang es RÖGENER und VON WEBER im Laboratorium des einen von uns, bei der Selbstzündung adiabatisch komprimierter Kohlenwasserstoff-Luft-Gemische durch Ionisationsmessungen einen zweistufigen Zündmechanismus nachzuweisen. Danach muß bereits in der ersten Stufe, die dem Stadium kalter Flammen mit sehr niedrigen Temperaturen entspricht, eine merkliche Ionisation vorgelegen haben. Wir haben an kalten Flammen von Äther-Sauerstoffmischungen bei Drucken von etwa 200 bis 700 Torr und Temperaturen von etwa 400° C Ionisationsmessungen ausgeführt mit dem Ergebnis, daß keine merkliche Chemiionisation vorliegt. Als Zahl der Ionen je cm^3 (die von den bei der Auswertung gemachten Annahmen nicht unabhängig ist) ergab sich z.B. nur $\lesssim 2 \cdot 10^4$. Eine Abschätzung zeigt, daß danach weniger als 1 Ion je 10^{14} reagierende Molekeln gebildet wurden. Die kalte Flamme kann in eine heißere [in der Literatur beschriebene[1])] blaue Flamme übergehen, die ebenfalls keine merkliche Ionisation zeigte. Wohl aber tritt Ionisation auf, wenn die blaue Flamme die Tendenz hat, in eine normale Flamme überzugehen, kenntlich an gelbem Leuchten und Rußbildung bei weiter erhöhter Temperatur. Ob damit die in der Literatur vertretene[2]) Auffassung gestützt wird, sichtbare oder unsichtbare Rußteilchen mit relativ kleiner Elektronenaustrittsarbeit seien für die Ionisation verantwortlich, läßt sich hieraus allein nicht entscheiden.

Eduard Zintl-Institut für Anorganische und Physikalische Chemie der Technischen Hochschule Darmstadt.

Institut für Physikalische Chemie der Universität Göttingen.

W. JOST und H. G. WAGNER.

Eingegangen am 15. Juli 1953.

[1]) MACCORMAC, M., u. D. T. A. TOWNEND: J. Chem. Soc. 1940/I, 143. — TOPPS, J. E. C., u. D. T. A. TOWNEND: Trans. Farad. Soc. 42, 345 (1946).
[2]) Vergl. die Übersicht bei GAYDON-WOLFHARD: „Flames". London: Chapman & Hall, Ltd. 1953.

Experimentelle Untersuchungen zum Seelichschen Modell der biologischen Calciumwirkung.

F. SEELICH[1]) gab im Jahre 1939 ein zweiphasisches System an, welches die dehydratisierende Wirkung der Ca-Ionen an biologischen Grenzflächen in sinnvoller Weise erklärt und außerdem antagonistischen Na-Ioneneinfluß beachtet. Die nicht wäßrige Phase besteht aus Paraffinöl, welches Ca-Oleat mit Hilfe von Ölsäure gelöst enthält. Auf diese Weise wird die Sättigung der Grenzschicht mit Ca-Oleat erreicht. Der Wechsel der Grenzflächenhydratation wurde durch Messung der Grenzflächenspannung verfolgt. Absinken der Grenzflächenspannung bedeutet bei angrenzender wäßriger Phase eine Hydratationszunahme, während ihr Anstieg einer Abnahme der Grenzflächenspannung gleichzusetzen ist. Bei Steigerung der Ca-Ionenkonzentration in der wäßrigen Phase muß daher in einem geeigneten System eine Zunahme der Grenzflächenspannung eintreten, die als Analogon zu der oft beschriebenen, aber bis dahin nicht exakt gedeuteten „abdichtenden" Wirkung des Ca-Ions aufzufassen wäre. Bei der weiteren Verfolgung jener Untersuchung wurden nachstehende Befunde erhoben:

1. Die durch Ca-Einwirkung bedingte Grenzflächenspannungssteigerung ist von der Größe des Ca-Oleat-Ölsäurezusatzes zum Paraffinöl abhängig. Je nach der Art des verwendeten Paraffinöls liegt das Optimum der Ca-Wirkung zwischen einem 1- und einem 3,5%igen Zusatz des aus 20% Ca-Oleat und 80% Ölsäure bestehenden Gemisches. Unterhalb einer Indifferenzkonzentration wird ein senkender Einfluß des Ca beobachtet, der nicht als Wirkung im Sinne des obigen Modells verwertbar ist und als eine nachträgliche Aufsättigung der Grenzschicht durch das Ca aus der wäßrigen Phase erklärt werden muß.

2. Der Anstieg der Grenzflächenspannung bei wachsender Ca-Aktivität der Modellösung gehorcht einer exakt reproduzierbaren Gesetzmäßigkeit, die der LANGMUIRschen Adsorptionsisothermen formal gleicht. Das trifft dann zu, wenn man statt der adsorbierten Menge die relative Grenzflächenspannungserhöhung (σ_r) über die Ausgangsspannung (σ_0 bei Ca = 0) der Ca-Konzentration in der wäßrigen Phase zuordnet (s. Fig. 1,

Kurve a). Setzt man als Ordinate den Quotienten Ca in der wäßrigen Phase (Ca_a)/relative Erhöhung der Grenzflächenspannung, so erhält man eine Gerade, wie sie sich durch die Umformung der Formel: $\sigma_r = k \cdot [Ca_a]/\{[Ca_a] + k'\}$ in $[Ca_a]/\sigma_r = \{[Ca_a] + k'\}/k$ ergibt (s. Fig. 1, Kurve b). Voraussetzung für die exakte Gewinnung dieses Resultates ist die genaue Konstanterhaltung des p_H der wäßrigen Phase. Aus dem obigen Ergebnis muß man folgern, daß in unserem System nicht eine Adsorption von Ca im gewöhnlichen Sinne vorliegen kann, da diese mit einer Senkung der Grenzflächenspannung einhergeht. Diese Tatsache erfordert daher eine gesonderte Besprechung (s. folgende Mitteilung). Es spricht sehr für die Anwendbarkeit des Modells, daß der Ca-Effekt am stärksten im Bereich der biologisch wirksamen Ca-Konzentrationen, d. h. bis etwa 10 mg-% bzw. 2,5 mM in Erscheinung tritt. Hierbei liegt die Ionenstärke der Lösung mit 0,14 im Bereich derjenigen der Körperflüssigkeiten der Landwirbeltiere.

3. Der Ca-Effekt wird erst bei einem p_H von 7,0 bis 7,5 deutlich. Bei niederem p_H sind die σ/p_H-Kurven ganz oder

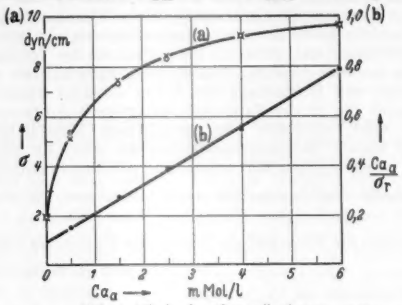


Fig. 1 a u. b. a Abhängigkeit der Grenzflächenspannung vom Ca-Gehalt der Modellösung bei 1% $Öl_{90}$ in Paraffinöl. Modellösung: 0,8% NaCl, 0,002 m $NaHCO_3$, wechselnde Ca-Konzentrationen. o gemessene Werte, x berechnete Werte nach

$$\sigma = 8{,}77 \cdot \frac{[Ca_a]}{[Ca_a] + 0{,}000877} + \sigma_0 .$$

p_H etwa 7,3; $t = 37^0$ C; σ-Werte nach 20 min. b Abhängigkeit des Quotienten $[Ca_a]/\sigma_r$ von der Ca-Konzentration der Modellösung.

nahezu vom Ca-Gehalt der Außenlösung unabhängig und bei im übrigen gleicher Zusammensetzung der Modellösung konstant und wesentlich höher als bei alkalischer Reaktion. Der Übergang zwischen den beiden Niveaus vollzieht sich bei Ca-freier Lösung in Gestalt einer S-Kurve, die wegen ihrer p_H-Abhängigkeit als Dissoziationskurve der Ölsäure in der Grenzschicht aufgefaßt werden kann. Bei Ca-haltigen Modellösungen erfolgt der Abfall der σ/p_H-Kurven mit steigendem p_H um so flacher, je höher die Ca-Konzentration ist. Dabei besteht für ein gegebenes p_H, das experimentell genau eingehalten werden muß, die unter 2. beschriebene Abhängigkeit von der Ca-Konzentration. Der p_H-Bereich, in dem die Ca-Wirkung am deutlichsten hervortritt, ist bei p_H 6,8 bis 7,3, also im Bereich der physiologischen Reaktion gelegen.

Als Ursache für die Steigerung der Grenzflächenspannung wird wie bei SEELICH[1]) die Bildung von wahrem, undissoziiertem und daher wenig hydratisiertem Ca-Oleat in der Grenzschicht angesehen, die unter dem Einfluß der erhöhten Ca-Aktivität in der Modellösung erfolgt.

Anhangsweise sei erwähnt, daß die Verwendung dieses Systems als Methode zur Bestimmung der Ca-Ionenaktivitäten in biologischen Flüssigkeiten trotz vielfach variierter Versuchsbedingungen sich nicht als brauchbar erwiesen hat. Das trifft auch für das Serumultrafiltrat zu. Der Grund dafür dürften die hohe Empfindlichkeit der Grenzflächenspannung besonders gegenüber Spuren von Eiweiß und der störende Einfluß anderer grenzflächenaktiver Stoffe sein.

Aus dem Physiologisch-Chemischen Institut der Universität Kiel. K. J. NETTER.

Eingegangen am 27. Juni 1953.

[1]) SEELICH, F.: Pflügers Arch. 242, 275 (1939); 243, 283 (1940). Fette u. Seifen 48, 15 (1941).

Theorie der Grenzflächenspannungserhöhung durch eine Oberflächenreaktion.

Die in der vorhergehenden Mitteilung beschriebene Ca-Wirkung auf die Grenzflächenspannung zwischen einem Ca-Oleat-haltigen Paraffinöl und wäßriger Salzlösung mit wechselnder Ca-Aktivität ([Ca]) wurde folgendermaßen analysiert:

1. Zweifellos werden die Ölsäuremolekeln an der Grenzfläche des Paraffins gegen die wäßrige Phase adsorbiert, und sie reichern sich dort an. Dieser Vorgang läßt sich quantitativ mit Hilfe der SZYSZKOWSKIschen Gleichung[1]) beschreiben, welche die Beziehung zwischen der Höhe der Grenzflächenspannung und dem Gehalt einer nichtwäßrigen Phase an grenzflächenaktiven Fettsäuren beherrscht. Die Grenzflächenspannungskurve verschiedener Konzentrationswerte des Ca-Oleat-Ölsäuregemisches in Paraffinöl gegen Ca-freie Modellösungen wurde aufgenommen. Sie gehorcht, abgesehen von den sehr hohen Konzentrationen, bei denen zwischenmolekulare Wechselwirkungen in der Grenzschicht hinzukommen, der genannten Beziehung. Aus den experimentellen Werten läßt sich mit Hilfe der GIBBSschen und der obigen Gleichung der Flächenbedarf der einzelnen Ölsäure- bzw. Ca-Oleatmolekel zu etwa 90 Å² berechnen[2]). Dabei ist bemerkenswert, daß die Platzbeanspruchung der zwei Ölsäurereste enthaltenden Ca-Oleatmolekel etwa ebenso groß ist wie die der Ölsäure. Die Größe des Platzbedarfs spricht für das Vorliegen eines expandierten Grenzflächenfilms [vgl. EUCKEN[3])].

2. Die Ladungen der Ölsäure sind, da sie die Grenzfläche der Ölphase nicht verlassen können, strukturfixiert. Ihnen stehen die gleichnamigen und ungleichnamigen diffusiblen Ionen der wäßrigen Grenzphase gegenüber. Damit ist die Voraussetzung zur Ausbildung einer dem DONNAN-Gleichgewicht gehorchenden Ionenverteilung zwischen der Grenzschicht und der wäßrigen Phase gegeben. Die Dicke der Grenzschicht ergibt sich bei einer Ionenstärke von 0,14 aus der DEBYE-HÜCKELschen Formel zu 8,16 Å. Die Ölsäurekonzentration wird aus der Flächendichte und der Dicke der Grenzschicht für den sich daraus ergebenden Raum zu 2,11 molar errechnet. Die Konzentration des hier besonders interessierenden Ca in der Grenzschicht (Ca_i) ist durch die Gleichung

$$[Ca_i] = \frac{1}{2}\left([A^-] + \frac{[Na_a]^2}{4\,[Ca_a]} - \sqrt{\left(\frac{[Na_a]^2}{4\,[Ca_a]}\right)^2 + \frac{[Na_a]^2\,[A^-]}{2\,[Ca_a]}}\right) \quad (1)$$

gegeben, in der der Index a bzw. i die Konzentration des betreffenden Ions in der Modellösung bzw. in der Grenzschicht bedeutet. A^- ist die Konzentration der freien Ölsäureanionen in der Grenzschicht. Die Formel (1) ergibt sich aus dem DONNAN-Ansatz für die Verteilung der Kationen und der gegebenen Ionensumme. Die Mitberücksichtigung der diffusiblen Anionen (Cl^-) führt zu einer algebraischen Gleichung vierten Grades, deren Auflösung graphisch erfolgte. Dabei ergab sich, daß wegen der hohen Konzentration an fixen Anionen die Konzentration der diffusiblen Anionen bei einer Ionenstärke $\mu = 0{,}14$ praktisch noch gleich 0 ist. Daher wurde nur mit dem einfachen Ansatz (1) gearbeitet. In Übereinstimmung mit DANIELLI[4]) resultiert eine 10- bis 50fache Anreicherung des Ca in der Grenzschicht.

3. Die am Schluß der vorigen Mitteilung wiedergegebene Hypothese von SEELICH erfordert die Bildung von undissoziiertem Ca-Oleat in Abhängigkeit von der Ca-Ionenaktivität in der Grenzphase (Ca_i). K sei die Dissoziationskonstante der Ölsäure in der Grenzschicht ($K = 1{,}14 \cdot 10^{-6}$). Sie wird aus der p_H-Abhängigkeit der Grenzflächenspannung, die sich zwischen dem Wert für die dissoziierte und die undissoziierte Ölsäure in Form der bekannten S-Kurve darstellt, gewonnen (vgl. die vorige Mitteilung). Hierbei ist die Verteilung der H-Ionen zwischen der Modellösung und der wäßrigen Phase nach dem DONNAN-Gleichgewicht zu berücksichtigen. K_s ist die Dissoziationskonstante des undissoziierten Salzes Ca-Oleat (S) nach

$$K_s = \frac{[Ca] \cdot [A^-]^2}{[Ca\,A_2]} . \quad (2)$$

Aus dem Massenwirkungsgesetz und der Gesamtsumme der Ölsäure (l) und der Formel:

$$l = U + A^- + 2\,S, \quad (3)$$

in der U für die Konzentration der undissoziierten Ölsäure steht, ergibt sich für S in Abhängigkeit von [Ca] die Gleichung:

$$\left.\begin{aligned}[S] = \frac{2\,K_s}{[Ca]}\left(\frac{[H]+K}{4\,K}\right)^2 + \\ + \frac{l}{2} - \frac{[H]+K}{2\,K} \cdot \sqrt{\left(\frac{([H]+K)K_s}{4\,K\,[Ca]}\right)^2 + \frac{l \cdot K_s}{2[Ca]}}\,.\end{aligned}\right\} \quad (4)$$

Auf unser System angewandt, bedeutet Ca in dieser Gleichung soviel wie Ca_l. Trägt man Ca_l logarithmisch auf, so ergibt sich für die Abhängigkeit des S von Ca_l (4) eine unsymmetrische S-förmige Kurve. Wir berücksichtigen nunmehr nach Absatz 2 neben der DONNAN-Verteilung des Ca zwischen den beiden wäßrigen Phasen auch die S-Bildung in der Grenzschicht und erhalten damit die Beziehung zwischen der Ca-Konzentration in der Außenlösung (Ca_a) und der Menge des gebildeten Ca-Oleates in der Grenzphase. Die so gewonnene Kurve hat denselben Verlauf wie die experimentell erhaltene Beziehung zwischen der Grenzflächenspannung und der Ca-Konzentration der Außenlösung. Die Prüfung, ob ihr die gleiche Gesetzmäßigkeit zugrunde liegt, geschah durch die in der vorigen Mitteilung beschriebene Transformation (Absatz 2). Man erhält in allen Fällen ebenfalls eine Gerade, aber mit verschiedener Neigung. Bei gleichbleibendem Koordinatenmaßstab für S wird die Neigung durch den Wert von K_s bestimmt. Über ihn kann zunächst ohne weitere Hilfe keine Aussage gemacht werden.

4. Um diese Ergebnisse mit den experimentell gewonnenen Kurven zu vergleichen, benötigt man eine Beziehung zwischen der Grenzflächenspannungssteigerung und der Zunahme des undissoziierten Ca-Oleates. Hierzu setzen wir die Grenzflächenspannungssteigerung der Ca-Oleatzunahme in der Grenzschicht proportional: $\Delta\sigma = f \cdot \Delta S$. Es wurde für K_s derjenige Wert gewählt, bei dem bei gleichbleibendem f dieselbe Neigung der Geraden resultierte, wie sie für die experimentellen Kurven gefunden wurde. Mit $f = 11{,}58$ erg · cm · g^{-1} und $K_s = 10^{-1{,}5}$ gibt die vorstehende Theorie die experimentellen Befunde vollständig wieder.

5. Der Grenzflächenspannungssteigerung liegt die chemische Reaktion der Salzbildung zugrunde. Ihre freie Energie ist aus der Konstanten K_s und der Anfangs- und Endkonzentration nach der VAN'T HOFFschen Energiegleichung berechenbar. Zum Beispiel ist bei einer S-Zunahme von 0,005 bis 0,645 m, die einer Konzentrationsänderung des Ca_a von 0,01 bis 5 mM entspricht, der frei werdende Energiebetrag 3,95 Kcal/Mol S. Demgegenüber erfordert die gleichzeitig zu beobachtende Grenzflächenspannungserhöhung um 7,4 dyn/cm eine Energie von 3,36 kcal/Mol gebildeten Ca-Oleates. Dabei wird $5{,}26 \cdot 10^{-11}$ Mol S/cm² Grenzfläche gebildet. Diese größenordnungsmäßige Übereinstimmung der beiden Energiebeträge stellt eine wertvolle Unterstützung der entwickelten Theorie dar. Sie erlaubt es, aus den Werten für die Grenzflächenkonzentrationen den Ablauf einer Energie liefernden chemischen Reaktion in der Grenzschicht mit der als mechanische Grenzflächenspannung gemessenen Energie in Beziehung zu setzen.

Es ist bemerkenswert, daß die Zunahme der Grenzflächenspannung auf Kosten einer chemischen Reaktion in dem hier vorliegenden Falle formal ebenso der LANGMUIRschen Adsorptionsisothermen unterworfen ist wie die unter Verminderung der Grenzflächenspannung ablaufenden einfachen Adsorptionen.

Aus dem Physiologisch-Chemischen Institut der Universität Kiel.

K. J. NETTER.

[1]) SZYSZKOWSKI, B. v.: Z. physik. Chem. **64**, 385 (1908).
[2]) Vgl. z. B. SEELICH, F.: Fette u. Seifen **48**, 15 (1941).
[3]) EUCKEN, A.: Lehrbuch der chemischen Physik. Leipzig 1932.
[4]) DANIELLI, J. F.: J. of Exp. Biol. **20**, 167 (1944).

Weitere Beispiele für die Ortskorrelation der Außenelektronen in Kristallen.

Außer der Ortskorrelation der Valenzelektronen (OKV) gibt es noch die Möglichkeit, daß auch gewisse Gruppen von äußeren Rumpfelektronen an einer Ortskorrelation mit den Valenzelektronen teilnehmen. [Ortskorrelation der Außenelektronen (OKA).] Die Diskussion von Kristallstrukturen und ihrer Substanztabellen lehrt, daß es bei metallischen Phasen Fälle von Ortskorrelation der Außenelektronen gibt[1]). Verfolgt man solche Fälle in das Gebiet der „salzartigen Bindung", so zeigt sich, daß auch in der anorganischen Chemie Fälle mit Ortskorrelation der Außenelektronen vorhanden sind, nämlich die sog. Durchdringungskomplexe. Während bei diesen äußere Rumpfelektronen in Ortskorrelation mit den Valenzelektronen stehen, sind die Anlagerungskomplexe dadurch gekennzeichnet, daß die Rumpfelektronen statistisch unabhängig von den Valenzelektronen sind, d.h. nicht mit ihnen im Takt laufen. An einer Anzahl von weiteren Kristallstrukturen läßt sich die Erscheinung der Ortskorrelation der Außenelektronen erkennen:

Bei der Struktur des Cristobalit ergibt sich eine Deutungsmöglichkeit für die Existenz einer Tieftemperaturmodifikation. Für die Quarzstruktur ergibt sich eine sehr gut passende B 1-OKA, an der 12 bzw. 14 Elektronen des Si- und 6 Elektronen je O-Atom beteiligt sind. Im Rutiltyp findet sich eine B 2-OKV, an der 16 bis 18 Elektronen je Verbindungsgewicht teilnehmen. Im Markasit ist eine dichteste Packung von Elektronen besonders wahrscheinlich, das Skutterudit besitzt eine ausgezeichnet passende B 2-OKV, ferner ergeben sich plausible OKV-Vorschläge für CdJ_2 und NiAs, wohingegen OKA-Vorschläge die Anforderungen erfüllen bei CoSn, NiS, PdS, HgS (Tiefmodifikation). Den angeführten Beispielen ist zu entnehmen, daß die Hypothese der Beteiligung von Rumpfelektronen an der Ortskorrelation im Kristall einen bedeutungsvollen Gesichtspunkt darstellt bei der Systematisierung kristallstruktureller Erfahrung. Die ausführliche Mitteilung erscheint in der Z. Metallkunde.

Stuttgart, Max-Planck-Institut für Metallforschung.

K. SCHUBERT.

Eingegangen am 16. Juli 1953.

[1]) SCHUBERT, K.: Z. Metallkunde **44**, 254 (1953).

Kristallographische Ergebnisse an Phasen mit Durchdringungsbindung.

Um die empirischen Kenntnisse über Phasen mit Durchdringungsbindung[1]) zu erweitern, wurde die Kristallstruktur von Fe_3Al_5 untersucht. Einkristallaufnahmen ergaben im Gegensatz zu früheren Untersuchungen[2]) folgenden Vorschlag, der zumindest eine gute Näherung an die wahre (möglicherweise bezüglich Raumgruppe und Atomlagen etwas kompliziertere) Struktur darstellt:

$$D_{2h}^{17} - \text{Cmcm}, \quad a = 7{,}66_0; \quad b = 6{,}39_0;$$
$$c = 4{,}19_5\,\text{kX} \quad (\text{für } 72{,}_{0\pm5}\,\text{At-\% Al}),$$
$$4\,\text{Fe in } 4\,(c), \quad y = 0{,}33_2, \quad 8\,\text{Al}_\text{I} \text{ in } 8\,(g),$$
$$x = 0{,}18, \quad y = 0{,}65, \quad w\text{Al}_\text{II} \text{ statistisch in } 4\,(a), \quad w = 0{,}7.$$

Die Struktur ist homöotyp mit der hexagonalen Struktur des Co_2Al_5.

Die Phase $AuSn_2$ kristallisiert orthorombisch primitiv mit den Gitterkonstanten $a = 6{,}84_{5\pm10}$; $b = 6{,}99_{0\pm10}$; $c = 11{,}76_{0\pm10}$ kX, und ist verwandt mit den Strukturen des $CoGe_2$[3]) usw., in welchen entsprechend der Homöotypie zu $CuAl_2$ eine Durchdringungsbindung anzunehmen ist.

Die Phase AuIn kristallisiert in einer triklinen Struktur. Bei Vernachlässigung von Überstrukturreflexen erhält man eine A-flächenzentrierte pseudoorthorhombische Zelle mit $a = 4{,}29$; $b = 10{,}57$; $c = 3{,}55$ kX; $\alpha = 90{,}54°$; $\beta = 90{,}00°$; $\gamma = 90{,}17°$. — Alle Kristallite der Phase sind bei Abkühlung in den üblichen Laboratoriumsöfen polysynthetisch verzwillingt längs der Ebene (010). Bei Berücksichtigung der Überstrukturreflexe sind alle Achsen zu verdoppeln. Die große Zelle scheint allflächenzentriert zu sein. Die Struktur ist verwandt mit den Strukturen von GeS, TlJ, CaSi, Cu_2Sb, Ga usw.

Die Kristallchemie der Au-haltigen Phasen ist deshalb so kompliziert, weil das Au im Gegensatz zum Ag sehr zur Durchdringungskorrelation neigt.

Stuttgart, Max-Planck-Institut für Metallforschung.

KONRAD SCHUBERT, ULRICH RÖSLER, MANFRED KLUGE, KURT ANDERKO und LUDWIG HÄRLE.

Eingegangen am 16. Juli 1953.

[1]) SCHUBERT, K.: Z. Metallkunde **44**, 254 (1953).
[2]) ÔSAWA, A.: Kinzoku no Kenkyu **10**, 431 (1933).
[3]) SCHUBERT, K., u. H. PFISTERER: Z. Metallkunde **41**, 433 (1950).

The growth of platinum crystals out of $PtCl_4$.

In a previous note[1]) oriented overgrowth of Platinum crystals on Muscovite was reported. These crystals were produced by heating $PtCl_4$ up to 800° C and cooling slowly. By the double decomposition of the salt, well developed platinum crystals, 2 to 10 μ across, and of hexagonal or trigonal shape were obtained on fresh cleaved muscovite faces, covering the ceramic crucible. Most of the crystals presented a dot in the middle of the (111)-face.

Using ceramic cover plates instead of muscovite, crystals were obtained with visible growth layers, mostly closed, but on some growth spirals were visible. Fig. 1a shows, as the schematic drawing of fig. 1b indicates more clearly, two cooperating spirals, whilst fig. 2 shows a single spiral.

Owing to the small dimension of the crystals, immersion objective had to be used for observation and therefore no measurements of step heights could be done. Their high visibility however indicates that they are not a small number of unit cells. The visibility of the steps, though rather good, was markedly increased by immersion of the crystals in oil, which had been used in diffusion pumps. As no etching can in our view be responsible here, the increase in visibility must be due to selective adsorption of impurities along the ridges.

The presence of a dislocation system in metal crystals of such small dimensions, as proved by the cooperating spirals and high step heights, clearly indicates the blocking effect of

Fig. 1a. Platinum crystal with two cooperating growth spirals.

Fig. 1b. Schematic drawing of fig. 1.

Fig. 2. Single growth spiral on a platinum crystal.

impurities and manner of growth. In fact, of all the known examples so far, only monomolecular steps have been observed in cases, when crystals of very high purity have been grown by sublimation of the metal[2],[3],[4]. The growth of the platinum crystals, reported here, is in a certain sense similar to that of carborundum, in so far as they are only indirectly produced by sublimation.

As conditions of growth were not very well reproducible, no conclusion can be drawn here from the fact, that no spirals could be detected on crystals developed on muscovite cleavage faces. We believe, that this has more to do with supersaturation than with inheritance of dislocations present on the base, on which the crystals grow.

This work is part of a programme (C.E.S.) supported by I.R.S.I.A. I wish to thank the Carbon & Carbide Corporation for a research fellowship and also Prof. Dr. W. Dekeyser who suggested this work.

Geologisch Instituut, Laboratorium voor Kristalkunde, Rozier, 6, Gent (Belgium).

E. Votava.

Eingegangen am 22. Juni 1953.

[1]) Votava, E.: Naturwiss. **40**, 290 (1953).
[2]) Forty, A. J.: Philos. Mag. **43**, 481 (1952).
[3]) Forty, A. J.: Philos. Mag. **43**, 949 (1952).
[4]) Forty, A. J., and F. C. Frank: Proc. Roy. Soc. **217**, 262 (1953).

Über die Textur der in Fucus vorkommenden Zellulose.

Es ist bekannt, daß pflanzliche Gerüstzellulose häufig apriori eine höhere Orientierung aufweist, die als regelrechte Wachstumstextur anzusprechen man wohl berechtigt ist. Bei bis jetzt durchgeführten Untersuchungen an verschiedensten Präparaten [die Algen Valonia, Cladophora, Chaetamorpha; Bakterienzellulose von Acetobacter Xylinum; das Chitin einiger Fungi, die Zellulose der Tunicaten als Vertreter des Tierreichs[1]] fand man stets eine derartige Orientierung, daß die *b*-Achsen der Kristallite parallel zur Zellwandebene, aber unorientiert in dieser, somit alle (101)-Netzebenen (entsprechend der A_1-Interferenz im Röntgendiagramm) ebenfalls parallel zur Zellwand angeordnet sind. Wir sprechen von einer selektiven uniplanaren Orientierung, wenn wir uns an die für Zellulosederivate vorgeschlagene Bezeichnungsweise halten[2]).

Wir haben nun ein Exemplar der Braunalge Fucus serratus (Sägetang; aus dem atlantischen Ozean) röntgenographisch

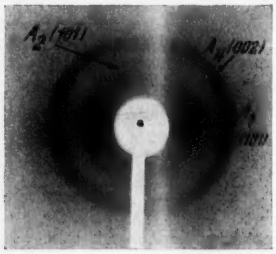


Fig. 1. Röntgendiagramm von Fucus serratus. Durchstrahlungsrichtung senkrecht zur Präparatoberfläche (Zellwand).

untersucht. Dazu wurde die aus einer zähen Haut bestehende Probe mit verdünnter Natronlauge und dann mit destilliertem Wasser gewaschen und getrocknet, und die so erhaltenen dünnen, hellgelben Häutchen wurden einmal senkrecht, dann parallel zur Oberfläche (Zellwand) durchstrahlt (CuKα nickelgefiltert, flacher Film). Fig. 1 zeigt das Resultat der senkrechten Durchstrahlung. Wir erkennen deutlich die Hauptinterferenzen der Zellulose I; ihre Vermessung ergibt, in guter Übereinstimmung mit den in der Literatur gebräuchlichen Angaben, folgende Werte:

A_1	(101)	6,04 Å
A_2	(10$\bar{1}$)	5,42 Å
A_4	(002)	3,97 Å

Aus der Lage der Interferenzen entnehmen wir, daß die Orientierung der Kristallite wieder dem oben genannten Schema selektiv-unipolar entspricht. Dementsprechend zeigte auch die Durchstrahlung parallel zur Oberfläche A_2 und A_4 als Ringe, während A_1 fehlte.

Daß der Trockenvorgang die Orientierung vortäuscht, ist unwahrscheinlich, wie auch Nicolai und Preston[3]) zeigen konnten. Daß keine Alginsäure-Interferenzen auftreten, kann dadurch erklärt werden, daß diese durch die alkalische Reinigungsbehandlung entfernt wurde.

Zwei Dinge erscheinen durch diese Untersuchung gesichert: das Vorkommen von Zellulose I in Fucus serratus und die selektive uniplanare Orientierung der Zellulose-Kristallite in der Zellwand. Damit stimmt auch diese Alge in ihrer Textur mit den anderen bisher untersuchten Zellwänden überein. Nebenbei sei noch erwähnt, daß derartige Wachstumstexturen vielleicht als Manifestation einer allem Leben zugrunde liegenden Finalität angesprochen werden können.

Diese Beobachtung wurde im Rahmen einer Untersuchung über die Textur nativer Zellulosen (am Polytechnic Institute of Brooklyn, New York) gemacht, über die an anderer Stelle ausführlicher berichtet werden soll.

Vereinigte Glanzstoff-Fabriken A.G., Forschung Abt. V, Oberbruch.

Josef Schurz.

Eingegangen am 12. Juni 1953.

[1]) Meyer, K. H.: Natural and Synthetic High Polymers. New York 1950.
[2]) Howsmon, J. A.: in: Physical Methods in Chemical Analysis. New York 1950.
[3]) Nicolai, E., u. R. D. Preston: Nature [London] **171**, 752 (1953).

Zur Parawasserstoffumwandlung durch Biradikale [1]).

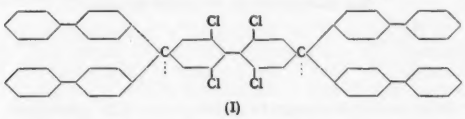
In früheren Untersuchungen war von uns gefunden worden, daß bei gewissen organischen Biradikalen die Umwandlung von Parawasserstoff höhere Radikalgehalte anzeigt, als die Messung ihres gesamten Paramagnetismus. So ist der TSCHITSCHIBABINsche Kohlenwasserstoff diamagnetisch, die Parawasserstoffmessung[2]) ergab aber einen Radikalgehalt von 10%, der WITTIGsche Kohlenwasserstoff ergab magnetisch gemessen 4%, nach der Parawasserstoffmethode[3]) dagegen 23% Radikalgehalt.

Dabei war angenommen worden, daß ein Biradikal die doppelte Umwandlungskonstante eines Monoradikals besitzt, nämlich $2 \times 2{,}6 \times 10^{-2}$ Std^{-1} (mMol/l)$^{-1}$, und es wurde der Schluß gezogen, daß in diesen Stoffen eine Form existiert, in der die beiden einsamen Elektronen ihre Spins zwar magnetisch kompensieren, auf Parawasserstoff aber als getrennte Radikalstellen einwirken, daß also die Parawasserstoffmethode eine Abtastung der Molekel auf Radikalstellen bedeutet.

Nun hat bald danach EUGEN MÜLLER[4]) eine Reihe von Biradikalen magnetisch und nach der Parawasserstoffmethode gemessen und bei zwei solchen Biradikalen, die infolge 2,2′- oder 2,6-2′,6′-Substitution nicht in die komplanare chinoide Struktur eindrehen können, nach der Parawasserstoffmethode mit der obigen Rechenweise Dissoziationsgrade gefunden, die 4mal größer waren als die magnetisch feststellbaren und sogar weit über 100% lagen. Er vermutet versuchsweise, daß die Umwandlungskonstante eines Biradikals eben nicht doppelt, sondern 4mal (nach seinen Zahlenangaben müßte es sogar heißen 8mal) so groß sei als die eines Monoradikals.

Theoretisch wäre dies kaum verständlich; wenn es aber zuträfe, so wäre die Parawasserstoffmethode nicht in der Lage, wie vorausgesetzt, Radikalstellen an Molekeln abzuzählen, und würde dadurch ihre Bedeutung für die Radikalforschung zunächst verlieren. Da jedoch MÜLLER selbst gerade diese beiden entscheidenden Parawasserstoffmessungen als „unsichere Werte" gekennzeichnet hat, so haben wir uns der experimentellen Nachprüfung zugewandt. Bezüglich der Versuchstechnik sei auf frühere Mitteilungen[2]),[3]) verwiesen.

Das Ausgangsmaterial, 2.6-2′.6′-Tetrachlor-4.4′-bisdiphenylmethyl-dichlorid, wurde uns von Herrn W. THEILACKER (Hannover) in dankenswerter Weise in einer Menge von 0,4 g dargestellt (Schmelzpunkt 294 bis 296° C). Wir wogen davon 300 mg ein, setzten das Radikal I daraus durch einstündiges Kochen mit Quecksilber in benzolischer Lösung in Freiheit und führten es in der früher für ähnliche Fälle beschriebenen Weise in die Schüttelbirne der Parawasserstoffapparatur über.



(I)

Der Umwandlungsversuch mit 52%igem Parawasserstoff ergab folgendes Resultat [die Bedeutung der Zeilen ist aus[2]),[3])] ersichtlich; c_{KW} wurde aus der Einwaage berechnet und stimmt mit der Elementaranalyse des nach dem Versuch isolierten Peroxyds überein]:

	Versuch Nr.		
	1	1	2
	Zeit (Std)		
	24	48	62
Δw	205	150	128
Δw_0	286	286	286
$k \times 10^2$ (Std^{-1})	0,6	0,58	0,56
$v_{\text{Flüss.}}$	100	100	100
v_{Birne}	320	320	320
$(a^* c + b) \cdot 10^2$	19,31	19,16	17,66
$a^* \cdot 10^2$ für $c = c_{KW}$	5,05	5,0	4,5
c_{KW} (mMol/l)	3,0	3,0	3,0
c_{Rad} für $a^* = 5{,}2 \cdot 10^{-2}$	2,91	2,88	2,61
% Radikal	97	96	87
% Radikal magnetisch (MÜLLER) (auf c_{KW} umgerechnet)		88 ± 7	

Damit ist bewiesen, daß nur mit der ursprünglichen Annahme einer Umwandlungskonstante von $2 \times 2{,}6 \times 10^{-2}$ für Biradikale ein mit der magnetischen Messung in Anbetracht der dort abweichenden Konzentration c_{KW} übereinstimmender Dissoziationsgrad erhalten wird, und daß somit die Parawasserstoffmethode tatsächlich getrennte Radikalstellen getrennt mißt (es ist dabei zu beachten, daß I nicht komplanar sein kann). Worauf das abweichende Ergebnis von MÜLLER mit der 4fachen Umwandlung seinerzeit beruhte, ist kaum feststellbar, doch lagen vermutlich Störungen durch Fremdgase vor.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem ERP haben wir für die Mittel für diese Untersuchung zu danken.

München, Physikalisch-Chemisches Institut der Universität.
GEORG-MARIA SCHWAB und JÜRGEN VOITLÄNDER.

Eingegangen am 17. Juli 1953.

[1]) VI. Mitteilung „Über die Einwirkung freier Radikale auf Parawasserstoff".
[2]) SCHWAB, G.-M., u. N. AGLIARDI: Chem. Ber. **73**, 95 (1940).
[3]) SCHWAB, G.-M., u. E. SCHWAB-AGALLIDIS: Naturwiss. **28**, 412 (1940).
[4]) BÄHR, A.: Unveröffentlichte Dipl.-Arbeit Jena 1941. — MÜLLER, E.: Fortschr. chem. Forsch. **1**, 383 (1949). Ein Vortragsbericht von der Bunsen-Tagung Frankfurt a.M. 1942 ist nicht mehr auffindbar.

Über die Struktur des AgJ.

Im Verlauf unserer Arbeiten über die Silber- und Kupfer(I)-Halogenide haben wir auch die Untersuchung der Strukturen des AgJ erneut in Angriff genommen. Hier besteht der unbefriedigende Sachverhalt[1]), daß in üblicher Weise hergestellte Präparate wechselnde Anteile mit Zinkblende- und Wurtzitgitter nebeneinander aufweisen (natürlicher Jodyrit ist hexagonal). Unsere Versuche ergaben für im Vakuum sublimiertes AgJ bei gewöhnlicher Temperatur Zinkblendestruktur. Derartiges AgJ, das mit Joddampf bei Temperaturen, bei denen das α-AgJ stabil ist, behandelt worden war und gegenüber dem sublimierten Präparat nach der Analyse einen Überschuß von etwa $5 \cdot 10^{-4}$ an „freiem" Jod aufwies, zeigte bei gewöhnlicher Temperatur Wurtzitstruktur. Wurde das Jod im Vakuum entfernt, so erschien wieder die Zinkblendestruktur. Unseres Wissens ist dies der erste Fall, wo kleine Abweichungen von der stöchiometrischen Zusammensetzung die Existenzgebiete der Phasen in starkem Maße beeinflussen. Wir werden daraufhin die im einzelnen schwer deutbaren Strukturen und Phasenverhältnisse der übrigen Halogenidsysteme[2]),[3]) erneut untersuchen.

Es ist vielleicht nicht überflüssig, in diesem Zusammenhang auf die anomalen Strukturverhältnisse hinzuweisen, wie sie bei der Zinkblende selbst[4]) und auch in anderen Fällen beobachtet worden sind. Statt daß man zur Deutung der beobachteten Strukturen Wechselwirkungen zwischen zweitnächsten Nachbarn postuliert, könnte man diese vielleicht auch durch geringfügige und eventuell periodische Abweichungen von der stöchiometrischen Zusammensetzung deuten.

Darmstadt, Eduard Zintl-Institut der Technischen Hochschule.
Göttingen, Institut für Physikalische Chemie der Universität.
LOTHAR SIEG.

Eingegangen am 17. Juli 1953.

[1]) Zum Beispiel WILSEY, R. B.: Philos. Mag. **46**, 487 (1923). — BLOCH, R., u. H. MÖLLER: Z. physik. Chem., Abt. A **152**, 245 (1932). — KOLKMEIJER, N. H., u. J. W. A. VAN HENGEL: Z. Kristallogr. **88**, 317 (1934). — HELMHOLTZ, L.: J. Chem. Physics **3**, 740 (1935).
[2]) KRUG, J., u. L. SIEG: Z. Naturforsch. **7a**, 369 (1952).
[3]) JOST, W.: Intern. Symposium „Reactivity of Solids". Göteburg 1952.
[4]) MÜLLER, H.: Neues Jb. Mineral., Geol. Paläont, Beil.-Bd., Abh. **84**, 43 (1952).

Zur Theorie der Chromatographie wäßriger Elektrolytlösungen an Tonerde.

Wir haben früher gefunden[1]), daß im statischen Versuch an *reiner* — auch von Alkalien und Erdalkalien freier — γ-Tonerde[2]) fast äquivalente Beträge von Kationen und Anionen adsorbiert werden. An Hand umfangreicher weiterer Versuche[1a]),[2]), die besonders die Abweichungen von jener Äquivalenz betrafen, gelangten wir zu einer Vorstellung, die alle bisher vorliegenden Beobachtungen von einem einheitlichen Standpunkt aus zu deuten vermag: Wir nehmen an, daß das von der γ-Tonerde gebundene Wasser in Form von H^+- und OH^--Ionen gleichzeitig, aber in unterschiedlichem Umfang

gegen gelöste Kationen ($P^{\cdot}$) bzw. Anionen (X') ausgetauscht werden kann. Wir fassen also den Vorgang der Bindung gelöster Ionen durch die Tonerde als *Austausch-Adsorption* auf. Für diese Austauschgleichgewichte läßt sich schreiben:

$$K_{h,p} = \frac{[_aP^{\cdot}] \cdot [H^{\cdot}]}{[_aH^{\cdot}] \cdot [P^{\cdot}]} \quad \text{und} \quad K_{oh,x} = \frac{[_aX'] \cdot [OH']}{[_aOH'] \cdot [X']},$$

wobei [ ] = Aktivitäten und $_a$ = „im adsorbierten Zustande" bedeuten. Diese Voraussetzung genügt zur Ableitung einer Reihe von Folgerungen, die in Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen stehen, insbesondere:

I. *Äquivalente und nicht-äquivalente Adsorption.*

1. *Genau* äquivalente Adsorption von Kationen und Anionen ohne Änderung des p_H-Wertes der Lösung sollte auftreten, wenn $K_{h,p} = K_{oh,x}$ ist. Dieser Sonderfall wurde experimentell noch nicht aufgefunden.

2. Ist $K_{h,p} < K_{oh,x}$, so erfolgt eine „Mehradsorption" des Anions, während die Lösung gleichzeitig basischer wird. Auf diese Weise reagieren z. B. $NiCl_2$, $NiSO_4$ und alle Alkalimetallsalze[3]).

3. Eine „Mehradsorption" des Kations unter gleichzeitigem Saurerwerden der Lösung tritt ein, wenn $K_{h,p} > K_{oh,x}$ ist. Das ist z. B. der Fall bei $CuSO_4$, $CuCl_2$, $Cu(ClO_4)_2$ usw. Überschreitet dabei die $H^{\cdot}$-Ionenkonzentration einen gewissen Schwellenwert, so überlagert sich den beschriebenen Erscheinungen eine Sekundärreaktion, indem sich Tonerde unter Verbrauch von $H^{\cdot}$-Ionen auflöst. Je reaktionsfähiger die Tonerde, desto kleiner der Schwellenwert.

4. Die beschriebenen Gesetzmäßigkeiten gelten analog, wenn mehrere Salze anwesend sind, oder wenn das Tonerdepräparat z. B. mit Alkalien (Aluminiumoxyd nach BROCKMANN) oder Erdalkalien (Aluminiumoxyd alkalifrei der Firma *Woelm*) vorbeladen oder wenn es mit Säure vorbehandelt worden ist; im letzten Falle verhält sich nach unseren Untersuchungen die Tonerde ebenso, als wenn man sie mit dem Al-Salz der betreffenden Säure vorbehandelt hat.

5. Die Reihen der $K_{h,p}$- und $K_{oh,x}$-Werte sind identisch mit den von SCHWAB und Mitarbeitern[4]), [5]) *getrennt* voneinander aufgestellten Adsorptionsreihen für Kationen bzw. Anionen. Als wesentliches Ergebnis der beschriebenen Austauschtheorie lassen sich die beiden Reihen nun miteinander in Beziehung setzen.

II. *Induzierte Adsorptionssteigerung erster Art.* Läßt man in zwei Versuchen unter Verwendung äquivalenter Mengen die Lösungen von zwei Salzen des gleichen Kations, PX bzw. PY, auf Tonerde einwirken, und sei $K_{oh,x} > K_{oh,y}$, so fordert unsere Theorie, daß im ersten Versuch nicht nur mehr Anion als im zweiten Versuch (mehr X' als Y'), sondern auch mehr Kation $P^{\cdot}$ adsorbiert wird. Analoges gilt, wenn man Salze des gleichen Anions vergleicht:

Tabelle 1.

Salz	Endkonzentration n	Adsorbiertes $Cu^{\cdot\cdot}$ mval/g Tonerde	Salz	Endkonzentration n	Adsorbiertes Cl' mval/g Tonerde
$Cu(ClO_4)_2$	0,096	0,138	KCl .	0,1	0,03—0,04
$CuCl_2$ . .	0,076	0,272	$NiCl_2$.	0,1	0,15
$CuSO_4$.	0,056	0,426	$CuCl_2$.	0,1	0,24

Damit ist die Ansicht von JACOBS und TOMPKINS[6]) widerlegt, wonach aus Lösungen gleicher Konzentration von Salzen mit einem gleichen Ion gleiche Mengen dieses Ions adsorbiert werden sollten, wenn die Adsorption in Form von Ionen erfolgt.

III. *Induzierte Adsorptionssteigerung zweiter Art.* Die Adsorption des Kations $P^{\cdot}$ aus der Lösung seines Salzes PX soll nach der Austauschtheorie verstärkt werden, wenn ein Salz QX oder XY zugefügt wird und wenn $Q^{\cdot}$ schwächer adsorbiert wird als $P^{\cdot}$ und X' bzw. Y'. So stieg z. B. die aus 1 n $CuCl_2$-Lösung adsorbierte $Cu^{\cdot\cdot}$-Menge um 5 bzw. 7%, wenn die Lösung gleichzeitig 0,036 bzw. 0,34 n an KCl gemacht wurde.

IV. Für die *Konzentrationsabhängigkeit der Adsorption* fordert die Theorie in weitgehender Übereinstimmung mit den Experimenten einen Verlauf entsprechend einer LANGMUIR-Isotherme.

Die Theorie sagt naturgemäß nichts aus über die *Kinetik.* Nach unseren Beobachtungen verläuft im allgemeinen der Anionenaustausch schneller als der Kationenaustausch, was vielleicht auf einen durch die Kationenleerstellen der γ-Tonerde bedingten andersartigen Bindungsmechanismus der Kationen zurückzuführen ist[7]).

SCHÄFER und Mitarbeiter[8]) fanden bei der Einwirkung von $CuCl_2$-Lösung auf Tonerde eine *Fällung* von $Cu_2(OH)_3Cl$. Diese Fällung kann nach unserer Theorie dann auftreten, wenn der Austausch der Anionen erheblich rascher als der der Kationen verläuft und zunächst OH'-Ionen im Überschuß liefert, oder wenn durch die Mehradsorption des Kupfers nach I, 3 zwar $H^{\cdot}$-Ionen im Überschuß entstehen, aber durch die Sekundärreaktion mit der Tonerde so weit wieder verbraucht werden, daß der zur Fällung des basischen Salzes erforderliche p_H-Wert überschritten wird.

Hannover, Institut für Anorganische Chemie der Technischen Hochschule.

FRITZ UMLAND und WERNER FISCHER.

Eingegangen am 8. Juli 1953.

[1]) FISCHER, W., u. A. KULLING: Naturwiss. **35**, 283 (1948).

[1a]) FISCHER, W., A. KULLING u. F. UMLAND: Vortr. Ref. Angew. Chem. **62**, 386 (1950). — UMLAND, F., u. W. FISCHER: Vortr. Ref. Angew. Chem. **64**, 600 (1952).

[2]) Wir verwendeten bei 700 bis 900° nach H. BRINTZINGER und A. MÖLLERS [Z. anorg. Chem. **254**, 343 (1947)] bereitete γ-Tonerdepräparate. Diese besitzen eine ziemlich große Adsorptionskapazität, aber nur eine mäßige Adsorptionsaktivität und nur eine geringe Auflösungsgeschwindigkeit in Säure.

[3]) R. FRICKE und H. SCHMÄH [Z. anorg. Chem. **255**, 253 (1948)] fanden die gleiche Erscheinung bei der Einwirkung von Alkalimetallsalzen auf $Al(OH)_3$ und bezeichneten sie als „hydrolytische Adsorption". Da nach unseren Befunden eine $NiCl_2$-Lösung bei der Einwirkung auf Tonerde basisch, eine $CuCl_2$-Lösung (s. I, 3) aber sauer wird, scheint uns dieser Name für die Erscheinung nicht mehr zweckmäßig zu sein.

[4]) SCHWAB, G. M., u. K. JOCKERS: Z. angew. Chem. **50**, 546 (1937).

[5]) SCHWAB, G. M., u. DATTLER: Z. angew. Chem. **50**, 691 (1937).

[6]) JACOBS, P. W. M., u. F. C. TOMPKINS: Trans. Faraday Soc. **41**, 388 (1945).

[7]) BOER, J. H. DE, u. G. M. M. HOUBEN: Vortr. Ref. Angew. Chem. **64**, 563 (1952).

[8]) SCHÄFER, H., u. W. NEUGEBAUER: Naturwiss. **38**, 561 (1951). Herr SCHÄFER gewährte uns ferner in dankenswerter Weise Einblick in die Manuskripte von 4 Arbeiten, die zur Zeit bei der Z. anorg. Chem. im Druck sind.

Photolysis of amino acids in sunlight in presence of the photosensitizer Titanium dioxide.

In the course of our investigations on non-enzymic transamination[1]), it was observed that several amino acids were decomposed by light in the presence of photosensitizers like titanium dioxide and in the absence of keto acids giving rise to other ninhydrin-positive substances. The photolysis of amino acids in the presence of sensitizers has been investigated by GOPALA RAO and DHAR[2]), who found that the amino acids are oxidized on exposure to sunlight with the liberation of ammonia. No attempt was made to study the intermediate products formed during the reaction.

In this communication is given a brief report of our studies on the decomposition of amino acids in aqueous solutions by sunlight in the presence of Titanium dioxide. 25 μM of amino acids in 5 c.c. water were exposed to sunlight in presence of 5 mg. catalyst (TiO_2) in pyrex conical flasks under aseptic conditions. Similar flasks were kept in the dark to serve as blanks. Controls were also run in sunlight in the absence of catalyst. At various intervals, aliquots were taken and tested for the presence of amino acids by the circular paper chromatographic technique by GIRI and RAO[3]).

In table 1 are given the approximate R_f values in butanol-acetic acid-water (40:10:50) together with details regarding the confirmatory tests for the degradation products of several amino acids formed after exposure to sunlight.

Fig. 1 and 2 are some of the typical chromatograms showing the separation of the products of photolysis of amino acids. It can be seen that glutamic acid on exposure to sunlight in the presence of TiO_2 is decarboxylated to give α-amino butyric and probably γ-amino butyric acids. Aspartic acid and alanine are also formed. α-amino butyric acid gives rise to aspartic acid and alanine, whereas, from γ-amino butyric acid β-alanine and glycine are formed. A faint band occupying the position of alanine is formed from aspartic acid. From both α-alanine and β-alanine a band occupying the position

Table 1. *Photolysis of Amino acids.*

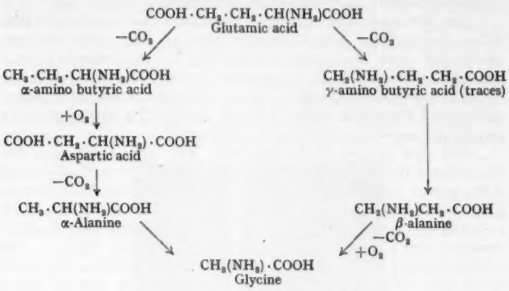
Time = Time of exposure to sunlight (hrs.); Bands = Bands formed with approximate R_f values (Butanol acetic acid water 40:10:50).

Amino acid (1)	Time hrs. (2)	Bands (3)	Remarks (4)
1. Glutamic acid	20	Three (1) 0·34 (2) 0·47 (3) 0·63	(1) Corresponds to aspartic acid; (2) Corresponds to alanine; (3) Corresponds to α-, and probably γ-aminobutyric acids. These were confirmed by running chromatograms with water-saturated phenol and also with pyridine-water solvent (80:20) (Fig. 1).
2. α-amino butyric acid	20	Two (1) 0·34 (2) 0·46	Aspartic acid and alanine confirmed by the use of different solvents (Fig. 1).
3. γ-amino butyric acid	20	Two (1) 0·37 (2) 0·49	Glycine and β-alanine confirmed by use of different solvents (Fig. 1).
4. Aspartic acid	20	0·45	Alanine confirmed by running with different solvents (Fig. 2).
5. β-alanine	20	0·37	Confirmed as glycine by its position and characteristic colour on chromatograms developed with phenol and pyridine (Fig. 1).
6. α-alanine	20	0·38	Confirmed as glycine.
7. Arginine	15	Three (1) 0·37 (2) 0·41 (3) 0·47	First two bands correspond to aspartic and glutamic acids (Phenol and pyridine solvents). — Band No. 3 gave a positive SAKAGUCHI Test.
8. Histidine	15	Two (1) 0·40 (2) 0·47 (yellow)	The first band corresponds to the position of aspartic acid and glycine. — The yellow band gave positive PAULY's Test. — (Fig. 2).
9. Proline	20	0·37	In phenol and pyridine solvents, two bands were obtained, one corresponding to aspartic acid and the other to glycine (Fig. 2).

of glycine is formed, the former being more resistant to the action of light.

The sequence of the above reactions was also followed. It was found that in the case of glutamic acid, α-amino butyric and probably γ-amino butyric acids were first formed. Then the aspartic acid band and later alanine were formed.

The chain of reactions that glutamic acid undergoes under the action of light can be tentatively assumed to be according to the following scheme. As γ-amino butyric acid is formed only in traces from glutamic acid, β-alanine which is found to be a degradation product of γ-amino butyric acid, could not be detected on the chromatogram showing the decomposition of glutamic acid (Fig. 1).



In the reactions postulated above, the oxidation of methyl group has been assumed.

Further confirmation of the degradation products and also of the mechanism of the reactions is being obtained and the results will be published elsewhere.

Department of Biochemistry, Indian Institute of Science, Bangalore 3 (India).

K. V. GIRI, G. D. KALYANKAR and C. S. VAIDYANATHAN.

Eingegangen am 8. Mai 1953.

[1]) GIRI, K. V., and G. D. KALYANKAR: Naturwiss. **40**, 224 (1953).
[2]) GOPALA RAO, G., and N. R. DHAR: J. Ind. Chem. Soc. **11**, 617 (1934).
[3]) GIRI, K. V., and N. A. N. RAO: Nature [London] **169**, 923 (1952). — J. Ind. Inst. Sci. **34**, 95 (1952).

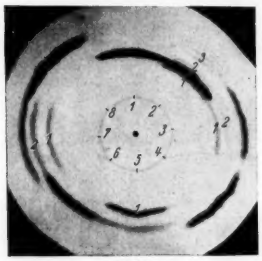


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1. Photolysis of glutamic acid; α-amino butyric acid, β-alanine and γ-amino butyric acid. *1* = Glutamic acid + TiO_2 in dark; *2* = Glutamic acid + TiO_2 in light; *3* = α-amino butyric acid + TiO_2 in light; *4* = α-amino butyric acid + TiO_2 in dark; *5* = β-alanine + TiO_2 in light; *6* = β-alanine + TiO_2 in dark; *7* = γ-amino butyric acid + TiO_2 in light; *8* = γ-amino butyric acid + TiO_2 in dark.

Fig. 2. Photolysis of Proline, Histidine and aspartic acid. *1* = Proline + TiO_2 in dark; *2* = Proline + TiO_2 in light; *3* = Histidine + TiO_2 in light; *4* = Histidine + TiO_2 in dark; *5* = Aspartic acid + TiO_2 in dark; *6* = Aspartic acid + TiO_2 in light.

Synthesen von Glykosiden im homogenen Medium.

Bei den seit langem bekannten Methoden zur Kondensation von Acetohalogenosen mit Alkoholen oder Phenolen zu O-Glykosiden wird in der Regel ein Metalloxyd, meist Silberoxyd, zugesetzt, um den Halogenwasserstoff abzuspalten und zu binden. Dabei entsteht aber stets Wasser, das in Konkurrenz mit dem Alkohol (oder Phenol) tritt, die Ausbeute herabsetzt und zur Entstehung partiell azetylierter reduzierender Zucker Veranlassung gibt. Außerdem ist die Reaktion inhomogen.

Pyridin, als tertiäre Base, ist zur Bindung des Halogenwasserstoffs nicht geeignet, weil sich mit ihm und Acetohalogenosen recht stabile quarternäre Glykosylpyridiniumbasen, keine O-Glykoside, bilden.

Dagegen kann man als tertiäre Basen 2,6-Lutidin und 2,4,6-Collidin zur Bindung von Halogenwasserstoff bei dieser Kondensation verwenden, die beide, offenbar aus sterischen Gründen, zur Bildung von quarternären Salzen weniger geneigt sind. Nach Versuchen von K. WEIS lassen sich auch aliphatische tertiäre Basen benützen.

Die Drehung einer homogenen Lösung von Acetobromglucose und Lutidin oder Collidin in einem Überschuß von Methanol geht von dem zunächst hohen positiven Wert im Verlauf von einigen Tagen bei Raumtemperatur abwärts bis zu einem konstanten, immer noch im Positiven liegenden Wert zurück. Aus dem Reaktionsgemisch läßt sich in mäßiger Ausbeute Tetra-acetyl-methyl-β-d-glucosid isolieren. Daneben entstehen, durch eine merkwürdige intermolekulare Acetylwanderung, acetylierte freie Zucker, die sich teils direkt, teils nach Reacetylierung als α- oder β- Penta-acetyl-d-glucose isolieren lassen. Mit einigen anderen Alkoholen oder Phenolen ließ sich das gleiche Ergebnis im homogenen Milieu bei Zimmertemperatur erzielen.

Wesentlich einheitlicher zu O-Glykosiden verläuft die Reaktion bei Zusatz von geeigneten, in der Mischung löslichen Salzen, besonders mit $HgBr_2$, $Hg(CN)_2$ und mit $Hg(CH_3 \cdot CO_2)_2$, das eine schön kristallisierte, in organischen Lösungsmitteln, z. B. auch in $CHCl_3$, lösliche Additionsverbindung mit Collidin bildet. Je nach dem angewandten Alkohol und dem Acetohalogenzucker konnten Ausbeuten bis zu 85% des Tetra-acetyl-β-d-glykosids erzielt werden. Außerdem verläuft die Reaktion wesentlich schneller und ist oft schon in wenigen Stunden beendet.

Ein unerwartetes Ergebnis lieferte der i-Propylalkohol, wenn man ohne Zusatz von Hg-Salzen in der Hitze arbeitet. Es läßt sich aus dem Reaktionsgemisch in über 50% d. Th. die Triacetylverbindung eines Ortho-essigsäureesters isolieren, in dem die Hydroxyle 1 und 2 der Gluco-pyranose und das

Hydroxyl eines i-Propylalkohols an Ortho-Essigsäure verestert sind. Das normale O-Glucosid des i-Propylalkohols wurde bei dieser Methode nicht gefunden.

Die Methode läßt sich auch zur Darstellung von α-Glykosiden verwenden. Schon HICKINBOTTOM[1]) hat unter Verwendung der von P. BRIGL entdeckten 2-Trichloracetyl-3,4,6-triacetyl-1-chlor-β-d-glucopyranose[2]) und der 3,4,6-Triacetyl-1-chlor-β-d-glucopyranose[3]) durch Kondensation mit Alkoholen und Phenolen unter Zusatz von Pyridin und $AgNO_3$ in der Hitze α-d-Glucopyranoside hergestellt.

Aus den beiden β-Halogenosen läßt sich aber auch bei Raumtemperatur in Methanol unter Zusatz von Collidin im homogenen Medium in fast 70%iger Ausbeute Methyl-α-d-glucopyranosid gewinnen. Es entstehen dabei außerdem keine reduzierenden Substanzen, also keine freien acetylierten Zucker, sondern nur — wie auch HICKINBOTTOM schon fand — das entsprechende Glucosid. Nach Versuchen von Herrn D. LAUSBERG läßt sich diese Methode zur Gewinnung von α-Glucosiden auch auf andere Alkohole ausdehnen.

Ausführlich soll die Arbeit, die in verschiedener Richtung fortgesetzt wird, an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Aus dem Chemischen Institut der Universität Bonn.

B. HELFERICH, A. DOPPSTADT und A. GOTTSCHLICH.

Eingegangen am 23. Juni 1953.

[1]) HICKINBOTTOM, W. J.: Journ. Chem. Soc. **1929**, 1676.
[2]) BRIGL, P., u. H. KEPPLER: Ber. dtsch. chem. Ges. **59**, 1588 (1926). — BRIGL, P.: Z. physiol. Chemie **122**, 245 (1922).

Zur Frage der Bindung des Calciums im Serum.

(Papierelektrophorese von Ca^{45}-markierten Seren.)

Der Gesamtcalciumgehalt des menschlichen Serums beträgt 9 bis 11 mg-%. Ähnliche Werte gelten für eine Reihe von Tieren[1]). Auf Grund der geringen Löslichkeitsprodukte von $CaCO_3$ und $Ca(PO_4)_2$ können im Serum aber nur maximal 2,6 mg-% in Form von Calcium-Ionen vorhanden sein. Der Rest muß in anderer Form vorliegen, wahrscheinlich in Bindung an Serumeiweiß. Mehrfach ist gezeigt worden, daß nur 5 bis 6 mg-% ultrafiltrabel und 7 bis 8 mg-% dialysabel sind[2]),[3]). Man hat daraus geschlossen, daß ein Teil des nicht in Ionenform vorliegenden Calciums locker und ein anderer Teil fester gebunden ist. BIDDER und ROTHLIN zeigten allerdings, daß das gesamte Serum-Calcium ultrafiltrabel ist, wenn mehrmals mit physiologischer Kochsalzlösung nachfiltriert wird[4]).

Hier soll darüber berichtet werden, wie sich das Serum-Calcium bei der elektrophoretischen Trennung des Serums verhält. Ratten und Mäusen wurden 10 bis 80 μC Ca^{45} (spez. Aktivität = 75 μC/mg Ca) in Form von $CaCl_2$ per os gegeben. Nach 3 Std bzw. 1 Tag wurde durch Herzpunktion Blut entnommen und das Serum papierelektrophoretisch getrennt. Danach wurde die Verteilung der Ca^{45}-Aktivität längs des Papierstreifens bei 3 mm Spaltbreite mit einem GEIGER-MÜLLER-Zähler gemessen. Im einzelnen ergab sich:

1. Anorganisches Ca^{45} wandert als scharfes Maximum kathodenwärts. Die Aufsatzstelle und das durchwanderte Papier sind Ca^{45}-frei.

2. Bei der Trennung von Ca^{45}-markiertem Ratten- und Mäuseserum bei $p_H = 7{,}42$ (MICHAELIS-Puffer) ergab sich lediglich ein Ca^{45}-Maximum an der Stelle der Ca-Ionen, wie unter 1. beschrieben. Im Bereich der Serumeiweißfraktionen fand sich kein Ca^{45}.

3. Aus Intensitätsgründen sind Versuche wie unter 2. mit Humanseren nicht durchführbar. Bei in vitro-Versuchen unter Zugabe von Ca^{45++} zu menschlichem Serum ergab sich nach der Trennung lediglich ein Ca^{45}-Maximum an der Stelle der Ca-Ionen wie unter 2.

4. Versuche wie unter 2. und 3. wurden auch bei Zusatz von Serum zum Puffer durchgeführt. Eine Beschreibung dieses Verfahrens und seiner grundsätzlichen Bedeutung ist früher angegeben worden[5]). Die Ergebnisse waren die gleichen wie bei der üblichen Ausführung der Papierelektrophorese.

Ultrafiltrationsversuche mit den hier verwandten Ca^{45}-markierten Seren führten zu demselben Ergebnis wie gleiche Versuche mit nichtmarkierten Seren, wobei die Calciumbestimmung nach üblichen chemischen Methoden erfolgte. Das spricht dafür, daß das gesamte Calcium der Ca^{45}-markierten Seren gleichmäßig mit Ca^{45} markiert war.

Die beschriebenen Versuche zeigen, daß der nicht in Ionenform vorliegende Teil des Gesamt-Serum-Calciums in reversibler Bindung — wahrscheinlich an Serumeiweiß — vorliegt[2]),[3]),[6]).

Zu dem gleichen Schluß führen kürzlich veröffentlichte Versuche mit einem Kationenaustauscher. Danach kann das gesamte Serum-Calcium mit K-Wofatit entfernt werden[6]).

Aus der Medizinischen Klinik der Universität Köln (Direktor: Prof. Dr. H. W. KNIPPING. *Isotopenlabor: Prof. Dr.* W. MAURER).

ERWIN R. MÜLLER.

Eingegangen am 16. Juli 1953.

[1]) HOPPE-SEYLER, THIERFELDER: Handbuch der physiologischen, pathologischen und chemischen Analyse, Bd. V, S. 8ff. 1953.
[2]) KLINKE, K.: Mineralstoffwechsel, S. 152ff. Leipzig 1931.
[3]) CARR, CH. W.: Arch. of Biochemic. a. Biophysics **43**, 147 (1953).
[4]) BIDDER, H. v., u. E. ROTHLIN: Helv. physiol. Acta C **2**, 13 (1944).
[5]) MAURER, W.: Klin. Wschr. **1952**, 323.
[6]) KLEMENT, R., M. STREHLE u. H. GROHS: Naturwiss. **40**, 246 (1953).

Elektronenmikroskopische Aufnahmen von Kartoffel-X-Virus in gefriergetrocknetem Tabakrohsaft.

Bei der elektronenmikroskopischen Untersuchung des Einflusses verschiedener therapeutischer Maßnahmen auf die

Fig. 1. Kartoffel-X-Virus auf Samsuntabak. 1:50 verdünnter Rohsaft normal aufgetrocknet. Vergrößerung 1:30000 (Nachvergrößerung 4mal). Schrägbedampfung mit Pd. Elektronenmikroskop EM 8 der AEG-Zeiß.

Fig. 2a.

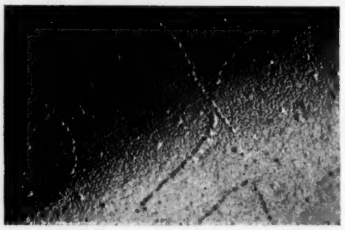


Fig. 2b.

Fig. 2a u. b. Kartoffel-X-Virus auf Samsuntabak. 1:50 verdünnter Rohsaft in gefrorenem Zustand getrocknet. Vergrößerung 1:30000 (Nachvergrößerung 4mal). Schrägbedampfung mit Pd.

Struktur von Kartoffel-X-Virus verwendeten wir zur Präparation unter anderem folgende Variante der seit einigen Jahren besonders in England und Amerika für diesen Zweck gebräuchlichen Gefriertrocknung[1]),[2]),[3]),[4]),[5]).

Die mit Kollodium befilmten Netzplättchen wurden in ihrem Messinghalter auf einem in Eis-Kochsalzmischung stehenden Metallzylinder auf — 5 bis — 10° gekühlt und in üblicher Weise mit dem 1:50 verdünnten Preßsaft von Samsuntabak beschickt, der mit einem besonders aktiven Stamm von Kartoffel-X-Virus infiziert war. Der Tropfen wurde sofort nach dem Benetzen der Folie mit einem feinen Glasstab auf

den gekühlten Halter hinübergezogen. Von dort aus trat dann ein sofortiges Durchfrieren der ganzen Flüssigkeit ein. Der Halter mit den Objekten wurde anschließend in einen auf -10 bis $-15°$ gekühlten Exsikkator gebracht und bei dieser Temperatur im Vakuum über P_2O_5 getrocknet. Nach 2 bis 3 Std waren die Präparate trocken und wurden dann mit Pd schräg bedampft.

In den gefriergetrockneten Säften (Fig. 2) zeigen die Virusfäden im Gegensatz zu den normal präparierten (Fig. 1) deutliche und regelmäßige Unterteilungen. Diese sind sonst nur als Zufallsprodukte anzusehen, treten aber bei den nach der beschriebenen Methode angefertigten Präparaten fast immer auf*). Man kann also auf diese Weise gewisse strukturelle Eigenarten sichtbar machen. Von einer Deutung der gefundenen Unterteilungen möchten wir absehen, etwa bezüglich der Frage, ob bei der verwendeten Präparation die äußeren Umrisse wasserhaltiger kolloidaler Substanzen vollständiger erhalten bleiben als beim normalen Trocknen. Für die Untersuchung von Virusstrukturen und die Suche nach etwaigen Untereinheiten wird man auf alle Fälle den mitgeteilten Befund beachten müssen.

Wir danken den Süddeutschen Laboratorien für die leihweise Überlassung des EM 8, mit dem die elektronenmikroskopischen Untersuchungen durchgeführt wurden, und der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Förderung unserer Arbeit.

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für angewandte Chemie, Hann.-Münden (Direktor: Reg.-Rat Dr. E. PFEIL). W. KANNGIESSER.

Institut für Elektromedizin und Elektronentechnik der Universität München (Vorstand: Prof. Dr. W. ROLLWAGEN).

Eingegangen am 15. Juni 1953. B. DEUBNER.

*) In gefriergetrockneten, entsprechend präparierten Preßsäften gesunder Tabakpflanzen waren lediglich die früher[6]) gefundenen rundlichen Teilchen zu beobachten.

[1]) WYCKOFF, R. W. G.: Science [Lancaster, Pa.] **104**, 36 (1946).
[2]) SCOTT, J. F.: Biochim. et Biophys. Acta **2**, 1 (1948).
[3]) BAYLEY, S. T.: Nature [London] **168**, 470 (1951).
[4]) OSTER, G.: Trans. Farday Soc. **46**, 794 (1950).
[5]) WILLIAMS, R. C.: Biochim. et Biophys. Acta **8**, 227 (1952). — Analyt. Chemistry **1952**, 1868.
[6]) KANNGIESSER, W.: Naturwiss. **39**, 68 (1952).

Potentialmessungen am Reizentstehungsort des Herzmuskels.

Frühere Messungen des Membranpotentials (MP) und des Aktionspotentials (AP) einzelner Fasern des Sinusknotens des Froschherzens[1]) sowie der Schrittmacherregion exzidierter PURKINJE-Fasern des Warmblüters[2]) hatten ergeben, daß zum Unterschied gegenüber dem Arbeitsmyokard das MP in der Diastole nicht konstant bleibt. Es findet hier vielmehr eine langsame Depolarisation statt, die bei Erreichung der echten Schwelle mit einer gewissen Trägheit in den schnellen Erregungsanstieg übergeht (Fig. 1). Der Vorgang der langsamen Depolarisation am PURKINJE-Faden ist nach DRAPER und WEIDMANN[3]) vom extrazellulären Natriumgehalt abhängig. Diese nimmt bei Abnahme des letzteren nach der Gesetzmäßigkeit einer Natriumelektrode ab und bei Zunahme zu. Im Zusammenhang mit Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf den Herzaktionsstrom haben wir diesen auch auf die langsame Depolarisation bestimmt. Während bei einer Abkühlung von 40 auf 30° C die Amplitude des MP und AP sich nicht nennenswert ändert (Q_{10} nahezu 1) und auch die Gradienten (Volt/sec) der einzelnen Teile des Aktionsstromes (spike, Plateau, Erregungsrückgang) Q_{10}-Werte von 1,7 bzw. 1,6 aufweisen, ist die Temperaturempfindlichkeit dieser langsamen Depolarisation in diesem Temperaturbereich größer. Diese folgt der ARRHENIUSschen Gleichung; ΔH, die Aktivationsenergie, beträgt 13800 cal/mol/°C. Dieser für den Schrittmacher typische Prozeß ist demnach temperaturempfindlicher als die Repolarisation und die Leitungsgeschwindigkeit, die in diesem Temperaturbereich einen Q_{10} von 1,5 hat[4]) (Fig. 2). Während vorgenannte Untersuchungen direkt am Schrittmacher vorgenommen wurden, kann man bei der Dehnung des PURKINJE-Fadens den Übergang der Funktion einer Membranstelle, die durch die Stromschleifen der erregten Nachbarschaft ihre Depolarisation erfährt (geleiteter Impuls, Fig. 1a) zur Schrittmacherfunktion mit endogener initialer Depolarisation unmittelbar beobachten[5]). In diesem Falle führt der Vorgang zur Auslösung einer oder mehrerer Extrasystolen. Die Dehnung begünstigt also die Schrittmacherbildung, eine Tatsache, die offenbar mit der klinischen Erfahrung der Neigung des gedehnten Herzens zu Arrhythmien und Extrasystolen in Zusammenhang steht. Die Fähigkeit, Schrittmacherfunktion zu übernehmen, besitzen unter gewissen Bedingungen bekanntlich alle Herzmuskelzellen. So z.B. der exzidierte PURKINJE-Faden bei verschiedensten Schädigungen, wie Sauerstoffmangel, Dehnung, langfristige Unterkühlung mit der dann beträchtlichen Abnahme der Leitungsgeschwindigkeit und dem Verschwinden der spike. In diesem Zustand wird jede Membranstelle ihr eigener Schrittmacher und leitet die Erregung so langsam, daß die benachbarte Faserregion durch deren langsame Depolarisation inzwischen ihre eigene Erregung gebildet hat. Dies bedeutet

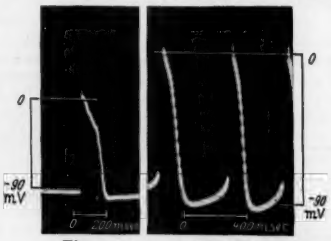


Fig. 1a. Fig. 1b.

Fig. 1a. Geleiteter Aktionsstrom im PURKINJE-Faden. Beachte, daß die Erregung aus der Ruhe plötzlich beginnt.

Fig. 1b. Am Schrittmacher abgeleiteter Aktionsstrom (AS). Zu beachten ist die langsame Depolarisation im Schlagintervall, die allmählich in die schnelle Phase übergeht. Endogen gebildete Erregung.

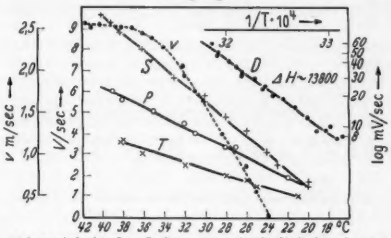


Fig. 2. Abhängigkeit der Leitungsgeschwindigkeit v in m/sec sowie der Gradienten in V/sec der spike S (Steilheit des halben Abstands vom Spikegipfel bis Plateaubeginn), des Plateaus P, des Rückgangs der Erregung T und der langsamen Depolarisation D in der Diastole (letztere am Schrittmacher) von der Temperatur. Die Gradienten von S, P und T wurden bei konstanter Frequenz 55/min bestimmt, der Gradient der langsamen Depolarisation und v bei Spontanfrequenz. Erste Ordinateneichung links: Für v in m/sec. Zweite Ordinateneichung links: Für P ist 1 = 0,01 V/sec; für T ist 1 = 0,1 V/sec; für S ist 1 = 1 V/sec. Die Abszisse für die linken Ordinaten unten: Temperatur in °C. Ordinateneichung rechts: Für D in logarithmischer Skala. Dazugehörige Abszisse in $1/T \cdot 10^4$ oben. Die Kurve folgt einer Arrhenius-Beziehung $\Delta H = 13800$ cal/mol/°C.

die Aufhebung einer koordinierten Erregungsleitung. Ein ähnlicher Vorgang mag bestimmten Formen des Kammerflimmerns zugrunde liegen.

Aus dem Physiologischen Institut der Universität Heidelberg.
W. TRAUTWEIN und U. GOTTSTEIN.

Eingegangen am 8. Juni 1953.

[1]) TRAUTWEIN, W., u. K. ZINK: Pflügers Arch. **256**, 68 (1952).
[2]) WEIDMANN, S.: J. of Physiol. **115**, 227 (1951).
[3]) DRAPER, M. H., u. S. WEIDMANN: J. of Physiol. **115**, 74 (1951).
[4]), [5]) TRAUTWEIN, W., U. GOTTSTEIN u. K. FEDERSCHMITT: In Vorbereitung.

Über eine Biotinwirkung weißer Watte.

Weiße Watte, die zum Verschließen von Kulturgefäßen, Reagenzgläsern usw. in der Mikrobiologie umfangreich verwendet wird, hat Wuchsstoffwirkung und kann deshalb mikrobiologische Teste verfälschen. — Schon 1937 erwähnten SCHOPFER und RYTZ[1]), daß ungereinigte Watte auf Phycomyces wachstumsfördernd wirkt, weiße Watte aber unwirksam ist. SHERWOOD und SINGER[2]) fanden eine Folsäurewirkung von weißer Watte, die mehrstündiges Aufkochen entfernt. — Wir machten bei mikrobiologischen Bestimmungen von Biotin mit Allescheria boydii 1699 die Erfahrung, daß die Standardansätze zuweilen uneinheitliche Ergebnisse zeitigten, die auf die Watte als Quelle hindeuteten. Es erschien uns wichtig zu wissen, ob und in welchem Umfange die übliche verwendete, gereinigte Watte diese Biotinwirksamkeit besitzt.

Wir prüften zu diesem Zwecke zwei verschiedene Wattesorten [Zellwollwatte (I) und Baumwollwatte (II)] und — um einen Vergleich mit der Wirkung der Oberfläche zu haben — in Salpeter-Schwefelsäure gereinigte feine Glaswatte (Gw).

Flocken von I, II und Gw (0,36 bis 1,56 g Gewicht) wurden 30 min bei 120° im Autoklaven erhitzt und weiterhin teilweise noch bei 100° gehalten. Das Produkt wurde dem Testmedium [nach VILLELA und CURY[3])] zugesetzt. Achttägiges Wachstum bei 25° und Bestimmung des durchschnittlichen Myceltrockengewichtes aus je drei Parallelansätzen. Berechnung der Wuchsstoffwirkung aus Standardkurve.

Tabelle 1.

	Biotinwirksamkeit (bezogen auf 1 g Watte)		
	Watte I	Watte II	Glaswatte
A. Autoklav 30 min bei 120°	7,6 mγ	5,0 mγ	< 0,2 mγ
B. Wie A, zusätzlich 60 min bei 100°	7,1 mγ	4,3 mγ	< 0,2 mγ
C. Wie A, zusätzlich 120 min bei 100°	7,9 mγ	4,9 mγ	< 0,2 mγ

Die beigefügte Tabelle 1 bringt die Ergebnisse. Die Biotinwirksamkeit der beiden Wattesorten ist erheblich. Erhitzen beeinflußt die Wirkungsstärke kaum. — In das Kochwasser aus den Wattesorten I und II ging 20 bis 30% der Gesamtbiotinwirksamkeit der Watte über. Die ausgekochte Watte selbst enthielt die restlichen etwa 75%. — Gw war praktisch ohne Biotinwirksamkeit. Ein möglicher physikalischer Effekt der Oberfläche von Watte ist deshalb auszuschalten.

Die Frage, wodurch die Wuchswirkung verursacht worden ist, ist nicht sicher zu beantworten. Einfache Verunreinigung mit Wuchsstoffen während des Herstellungsprozesses scheint nicht die Ursache zu sein. Waschen, Aufkochen usw. vermindert die Wirksamkeit nicht wesentlich. Eine festere Bindung solcher Stoffe an die Fasern wäre möglich. Diese müßte dann aber, da die Fasern im Testversuch erhalten bleiben, durch besondere Maßnahmen des Pilzes — vielleicht fermentativ — herausgelöst worden sein. — Da Allescheria boydii 1699 nach bisherigen Erfahrungen [VILLELA und CURY[3])] nur auf Biotin und seine Analogen (Desthiobiotin und Oxybiotin) sowie auf Biocytin anspricht, sollte man als naheliegend annehmen, daß es sich bei dem in der Watte wirksamen Prinzip um Stoffe handelt, die dieser Stoffgruppe zuzuordnen sind, oder um Stoffe, die Glieder zu ihrer Synthese sind.

Aus dem Physiologisch-Chemischen Institut der Universität Leipzig (Direktor: Prof. Dr. Dr. E. STRACK).

Eingegangen am 13. Juli 1953. DIETRICH MÜCKE.

[1]) SCHOPFER, W. H., u. W. RYTZ: Arch. Mikrobiol. **8**, 244 (1937).
[2]) SHERWOOD, M. B., u. E. D. SINGER: J. of Biol. Chem. **155**, 361 (1944).
[3]) VILLELA, G. G., u. A. CURY: Proc. Soc. Exp. Biol. Med. **76**, 341 (1951).

Über einen neuen Weg der Cancerisierung von Zellen in vitro.

ALBERT FISCHER[1]) fand, daß eine Gewebekultur in einem Medium nicht wachsen kann, dessen Einzelkomponenten wie Plasma, Embryonalextrakt und Serum gegen RINGER-Glukose dialysiert wurden. Mit dieser Methode zeigte er die Bedeutung der Aminosäuren für das Zellenwachstum, das in einem dialysierten Medium erst durch eine Aminosäurenkompensation möglich ist. Die Glukose durfte nicht entfernt werden, da sie einmal als Energielieferant dient, dann aber auch zur Bildung von Aminosäuren beitragen kann. In diesem Zusammenhang ist ein von FISCHER und Mitarbeitern[2]) kürzlich berichtetes Ergebnis wichtig, daß nämlich Hühnerherzfibroblasten in vitro das Kohlenstoffskelett der Glukose zur Bildung von Aminosäuren ausnutzen können. Dieser Nachweis gelang mittels radioaktiver Glukose. Der Autor[2]) untersuchte an FISCHERS Institut in Kopenhagen das Verhalten von größeren Gewebekulturen, als sie gewöhnlich benutzt werden. Hierbei zeigte es sich wider Erwarten, daß Zellen bei einer gewissen Explantatgröße in einem vollständig an niedermolekularen, wasserlöslichen Stoffen verarmten, jedoch Glukose enthaltenden Medium vermehrungsfähig sind. So wuchsen in CARREL-Flaschen gezüchtete Hühnerherzfibroblasten in einem homologen dialysierten Medium bis zu 18 Tagen gut. In Fortführung dieser Versuche wurden jetzt mit der „roller tube"-Methode Hühnerherzfibroblasten in dialysiertem Plasma, Embryonalextrakt und menschlichem Nabelschnurserum*) 6 bis 8 Wochen gezüchtet. Implantierte man diese Gewebekulturen erwachsenen Hähnen unter die Haut, so bildeten sich Bindegewebstumoren. Eine Verunreinigung der Kulturen mit einem cancerogenen Hühnervirus ist ausgeschlossen. Experimente mit nur 3 Wochen in dialysierten Medien kultivierten Zellen demonstrieren besonders eindrucksvoll, wie schnell eine Cancerisierung in vitro unter den angegebenen Bedingungen möglich ist. So wurden aus einer Dialysegruppe von Hühnerherzfibroblasten einige Kulturen auf drei 2 Jahre alte Leghorn-Hähne unter die Haut der Brustmuskulatur verimpft. Die gezüchteten Zellen zeigten stärkere feintropfige Verfettung, waren schlanker als gewöhnlich und hatten neben einer großen Wachstumsenergie besondere Neigung zur Bildung von Makrophagen. Das Wachstumsareal hatte die dreifache Ausgangsgröße erreicht. Elf Tage nach der Implantation waren bei zwei Tieren an der Inokulationsstelle Tumoren entstanden. In beiden Fällen handelte es sich um Geschwülste von retikulumzellsarkomähnlichem Aufbau. Der dritte Hahn hatte zu diesem Zeitpunkt keinen Tumorbefund.

In den letzten Jahren berichtete EARLE[4]) über Cancerisierung von Zellen in vitro in Gegenwart des cancerogenen Kohlenwasserstoffs Methylcholanthren. Hierbei stellte er fest, daß auch die Kontrollkulturen ohne dieses Agens bei der Verimpfung auf das entsprechende Tier Tumoren erzeugten. Eine gleiche Beobachtung berichtete GEY[5]). Im Gegensatz zu FISCHER[6]), der trotz eingehender Prüfung diese Umwandlung niemals sah, benutzten EARLE und GEY heterologe Züchtungsmedien. Der wesentliche Unterschied zu den eigenen Versuchen liegt in der Unkontrollierbarkeit des Effektes und in der langen Züchtungsdauer bis zur Spontanumwandlung. Daß normale Zellen in dialysierten Medien eine Umwandlung in bösartige Zellen durchmachen können, ist wahrscheinlich mit einer Verarmung des Mediums an für das normale Wachstum notwendigen Stoffen zu erklären. Wachstum unter einem so radikalen Entzug der niedermolekularen, wasserlöslichen Substanzen ist nur in vitro zu erhalten. Die Versuche von COPELAND und SALMON[7]), mit einer cholinarmen Diät bei Ratten in verschiedenen Organen Tumoren zu erzeugen, stellen zu dieser neuen Cancerisierungsmöglichkeit in vitro eine Analogie in vivo dar. Zeigen die Versuche von FISCHER und Mitarbeitern einen Weg zur Auffindung der für das Leben einer Zelle notwendigen Nahrungsfaktoren, so kann der angeführte Effekt mit der modifizierten Methode von FISCHER ein Mittel zur Analyse der Bedingungen sein, die eine normale Zelle in eine Krebszelle umwandeln können. Es erweist sich jetzt als notwendig, eine stoffliche Zusammensetzung einer Kompensation für das dialysierte Medium aufzufinden, welche die Cancerisierung verhindert und gegebenenfalls wieder rückgängig machen kann.

Die Versuche werden demnächst an anderer Stelle ausführlicher mitgeteilt.

Herrn [illegible] A. SPRINZ, dem damaligen Direktor der Laboratorien [illegible] 98. General Hospital in München, wo die Arbeit[illegible] angeführt wurden, danke ich herzlich für die großzügige Förderung meiner Arbeiten. Fräulein JOHANNA WYDRA und Fräulein cand. med. URSULA CHALKIADAKIS danke ich für ihre fleißige Mitarbeit.

Pharmakologisches Institut der Universität Bonn.

Eingegangen am 22. Juni 1953. CHRISTOPH LANDSCHÜTZ.

*) Dem Direktor der II. Universitäts-Frauenklinik in München, Herrn Professor Dr. R. FIKENTSCHER, danke ich für die Überlassung des Nabelschnurblutes.

[1]) FISCHER, A.: Acta physiol. scand. (Stockh.) **2**, 143 (1941).
[2]) FISCHER, A., G. FISCHER, CHR. LANDSCHÜTZ, G. EHRENSVÄRD, M. RAFELSON u. R. STJERNHOLM: Acta physiol. scand. (Stockh.) **27**, 247 (1952).
[3]) LANDSCHÜTZ, CHR.: Z. Krebsforschg. **58**, 599 (1952).
[4]) EARLE, W. R., E. L. SCHILLING u. E. SHELTON: J. Nat. Canc. Inst. **10**, 865, 1067, 1105 (1950). — SANFORD, K. K., W. R. EARLE, E. SHELTON, E. L. SCHILLING, E. M. DUCHESNE, G. D. LIKELY u. M. M. BECKER: J. Nat. Canc. Inst. **11**, 351 (1950/51).
[5]) GEY, G. O., M. K. GEY, W. M. FIROR u. W. O. SELF: Acta Unio. Intern. Contra Cancrum **6**, 706 (1949).
[6]) FISCHER, A.: Virchows Arch. **310**, 395 (1943).
[7]) COPELAND, D. H., u. W. D. SALMON: Amer. J. Path. **22**, 1059 (1946).

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Günter Holtz, Berlin W 35, Reichpietschufer 20. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany.

Fortschritte der Botanik

Begründet von Fritz von Wettstein. Unter Zusammenarbeit mit mehreren Fachgenossen und mit der Deutschen Botanischen Gesellschaft herausgegeben von **Ernst Gäumann**, Zürich, und **Otto Renner**, München.

Vierzehnter Band: **Bericht über das Jahr 1951.** Mit 75 Abbildungen. IV, 519 Seiten. 1953. DM 59.60

Inhaltsübersicht: **Morphologie: Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Zelle.** Von Professor Dr. L. Geitler, Wien. — **Morphologie einschließlich Anatomie.** Von Professor Dr. W. Troll und Professor Dr. H. Weber, Mainz. — **Entwicklungsgeschichte und Fortpflanzung.** Von Professor Dr. O. Jaag, Zürich. — **Submikroskopische Morphologie.** Von Professor Dr. A. Frey-Wyssling, Zürich. — **Systemlehre und Pflanzengeographie: Systematik und Stammesgeschichte der Pilze.** Von H. Kern, dipl. Naturwiss., Zürich. — **Systematik der Spermatophyta.** Von Professor Dr. K. Suessenguth, München. (Folgt in Band 15.) — **Paläobotanik.** Von Professor Dr. K. Mägdefrau, München. — **Systematische und genetische Pflanzengeographie.** Von Professor Dr. F. Firbas, Göttingen. — **Ökologische Pflanzengeographie.** Von Professor Dr. H. Walter, Stuttgart-Hohenheim. — **Ökologie.** Von Professor Dr. Th. Schmucker, Hann.-Münden. (Folgt in Band 15.) — **Physiologie des Stoffwechsels: Physikalisch-chemische Grundlagen der biologischen Vorgänge.** Von Professor Dr. W. Simonis, Hannover. — **Zellphysiologie und Protoplasmatik.** Von Professor Dr. H.-J. Bogen, Marburg/Lahn. — **Wasserumsatz und Stoffbewegungen.** Von Professor Dr. B. Huber, München. (Folgt in Band 15.) — **Mineralstoffwechsel.** Von Professor Dr. H. Burström, Lund (Schweden). (Folgt in Band 15.) — **Stoffwechsel organischer Verbindungen I.** (Photosynthese). Von Professor Dr. A. Pirson, Marburg/Lahn. — **Stoffwechsel organischer Verbindungen II.** Von Professor Dr. K. Paech, Tübingen. **Physiologie der Organbildung: Vererbung.** Von Professor Dr. H. Marquardt, Freiburg i. Br. — **Cytogenetik.** Von Professor Dr. J. Straub, Köln-Riehl. — **Wachstum und Bewegung.** Von Professor Dr. H. v. Guttenberg, Rostock. — **Entwicklungsphysiologie.** Von Professor Dr. A. Lang, Los Angeles (Calif.). (Folgt in Band 15.) — **Viren: Bakteriophagen.** Von Dr. W. Weidel, Tübingen. (Folgt in Band 15.) — **Sachverzeichnis.**

Früher erschienen:

Zwölfter Band: **Bericht über die Jahre 1942—1948.** Mit 64 Abbildungen. IV, 447 Seiten. 1949. DM 49.60

Dreizehnter Band: **Bericht über die Jahre 1949—1950.** Mit 53 Abbildungen. IV, 387 Seiten. 1951. DM 42.—

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Praxis der Mikrophotographie

Von **Hans-Henning Heunert**
Hamburg

Mit 109 Abbildungen. VI, 94 Seiten. 1953
Ganzleinen DM 15.60

Inhaltsverzeichnis: **Grundbegriffe der Optik:** Sphärische Bildfehler. Chromatische Bildfehler. Bildfeldwölbung. Numerische Apertur. Abbildungsmaßstab. Auflösungsvermögen und förderliche Vergrößerung. — **Die mikrophotographische Apparatur:** Grundaufbau des Mikroskops. Die wichtigsten Apparatetypen und ihre Anwendungsmöglichkeiten: Laboratoriums-, Forschungs-, Kameramikroskope. Die mikrophotographischen Kameratypen. Objektive. Okulare. Lichtquellen. Beleuchtungsapparatur (Kondensoren). — **Einstellungsmöglichkeiten am Mikroskop:** Einstellungen im durchfallenden Licht: Hellfeld, Dunkelfeld, Phasenkontrast. Einstellungen im auffallenden Licht: Hellfeld (Opakilluminator), Dunkelfeld (Ultropak). Einstellungen im polarisierten Licht. **Die mikroskopische Aufnahme:** Errechnung der Vergrößerung und einfache Messungen am Mikroskop. Scharfeinstellung. Aufnahmematerial (Negativ): Licht- und Farbempfindlichkeit. Farbfilter, Belichtung. Negativentwicklung. Positiv-Material und Verarbeitung. — **Kleine Ratschläge:** Arbeiten mit Immersionsöl. Reinigung des Mikroskops. Mikro-Aufnahme-Merkbuch. Stufenweise Einstellung. Kühlung des Lichtes. — **Die makrophotographische Aufnahme:** Erweiterung der mikrophotographischen Apparatur für makroskopische Zwecke: Apparate. Objektive. Die Makroaufnahme: Aufnahmen im durchfallenden Licht, im auffallenden Licht.

Springer-Verlag / Berlin · Göttingen · Heidelberg

Forschungsinstitut im Ruhrgebiet
sucht möglichst zum 1. September 1953
Physiker
mit abgeschl. Hochschulbildung zur Bearbeitung von Forschungsaufgaben aus dem Gebiete der Staubphysik. Vergütung nach TO. A III; Aufrückung nach TO. A. II bei Bewährung. Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen erbeten unter Naturw. 163 an den Springer-Verlag, Berlin W 35, Reichpietschufer 20

Verständliche Wissenschaft

Diese Sammlung beginnt mit den nachstehend aufgeführten Bänden wieder zu erscheinen. Die bis 1943 herausgegebenen 48 Bände dieser Sammlung, die teilweise in mehreren Auflagen erschienen und sämtlichst vergriffen sind, erfreuten sich in ihrem handlichen Format und der ganzen Ausstattung großer Beliebtheit und fanden weite Verbreitung

1. Band: **Aus dem Leben der Bienen**
Von **Karl von Frisch**, München. Fünfte, neubearbeitete und ergänzte Auflage. 21.—26. Tausend. Mit 101 Abbildungen, davon 2 farbig. VII, 159 Seiten. 1953. Ganzleinen DM 7.80

Inhaltsübersicht: Das Bienenvolk. — Die Bienenwohnung. — Die Ernährung des Bienenvolkes. — Die Bienenbrut. — Der Bienenschwarm. — Die Drohnenschlacht. — Die Arbeitsteilung im Bienenstaate. — Der Geruchs- und Geschmackssinn. — Die Augen der Bienen und ihre Leistungen. — Das Orientierungsvermögen. — Wie die Bienen miteinander reden. — Das Zeitgedächtnis der Bienen. — Die geistigen Fähigkeiten der Bienen. — Feinde und Krankheiten der Bienen. — Sachverzeichnis.

2. Band: **Die Lehre von der Vererbung**
Von **Richard Goldschmidt**, Berkeley, Cal. (USA). Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 48 Abbildungen. VIII, 212 Seiten. 1952. Ganzleinen DM 7.80

Inhaltsübersicht: Erbliche und nichterbliche Eigenschaften. — Die Geschlechtszellen und die Befruchtung. — Die Grundtatsachen der Mendelschen Vererbungsgesetze. — Weiteres über die Mendelschen Vererbungsgesetze. — Chromosomen und Mendelspaltung. — Weiteres über Chromosomen und Vererbung. — Die Entstehung neuer Erbeigenschaften. — Geschlechtschromosomen und geschlechtsgebundene Vererbung. — Das Zusammenarbeiten der Erbfaktoren. — Summieren der Erbfaktoren. — Multiple Allele. — Ein kurzer Streifzug durch mehr spezielle Gefilde der Vererbungslehre.

15. Band: **Wetter und Wetterentwicklung**
Von **Heinrich Ficker**, Wien. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 42 Abbildungen und 11 Karten. VII, 140 Seiten. 1952. Ganzleinen DM 7.80

Inhaltsübersicht: Die Lufthülle unserer Erde. — Die Sonne heizt. — Es weht der Wind. — Das Reich der Wolken. — An der Kampffront der Luftmassen. — Es braust der Föhn. — Wirbel und Wirbelstürme. — Die Zyklonen der mittleren Breiten. — Im Hochdruckgebiet. — Boden- und Höhenwetterkarten. — Wettervorhersage. — Anhang: Beispiele von Wetterkarten. — Sachverzeichnis.

18. Band: **Schlaf und Traum**
Von **Hans Winterstein**, Istanbul. Zweite, erweiterte Auflage. 6.—11. Tausend. Mit 25 Abbildungen. VII, 135 Seiten. 1953. Ganzleinen DM 7.80

Inhaltsübersicht: Erster Teil: Der Schlaf. 1. Die Verbreitung des Schlafes. Hirnschlaf und Körperschlaf. 2. Das Reaktionsvermögen der Nervenzentren und seine Veränderungen im Schlaf. 3. Die elektrischen Erscheinungen der Hirntätigkeit und ihre Änderungen im Schlaf. 4. Die erholende Wirkung des Schlafes und die Wirkungen der Schlaflosigkeit. 5. Schlaftheorien. 6. Schlaflosigkeit. 7. Schlafartige Zustände. — Zweiter Teil: Der Traum. 1. Häufigkeit und Dauer der Träume. 2. Erscheinungsformen des Traumes. 3. Die Traumauslösung. 4. Traumwandlungen, Traumsymbolik und Traumleistungen. 5. Die Traumdeutung und der biologische Sinn des Träumens. — Sachverzeichnis.

19. Band: **Die Welt der Sinne**
Eine gemeinverständliche Einführung in die Sinnesphysiologie. Von **W. v. Buddenbrock**, Mainz. Zweite, neubearbeitete Auflage. 6.—11. Tausend. Mit 55 Abbildungen. VIII, 147 Seiten. 1953. Ganzleinen DM 7.80

Inhaltsübersicht: I. Von den Sinnen im allgemeinen. 1. Die Umwelt des Tieres. 2. Die Sinneszelle. 3. Reizstärke und Reizerfolg. 4. Die Beantwortung des Sinnesreizes. 5. Die Sinnesorgane. 6. Der Sitz der Sinne. 7. Lust und Unlust. II. Die einzelnen Sinne. 1. Der Lichtsinn. 2. Vom Farbensinn. 3. Die Konstanz der Sehdinge. 4. Vom Hören. 5. Vom Riechen und Schmecken. 6. Der Tastsinn. 7. Der Wärmesinn. 8. Die Schwerkraft und ihre Organe. 9. Die proprioreziptiven Sinneselemente. 10. Das Zusammenwirken der Sinne.

29. Band: **Baum und Wald**
Von **Ludwig Jost**, Heidelberg. Zweite, durchgesehene Auflage, besorgt von Fritz Overbeck, Kiel. Mit 71 Abbildungen. VIII, 148 Seiten. 1952. Ganzleinen DM 7.80

Inhaltsübersicht: Lebensformen: Einjährige Pflanzen, Stauden, Bäume. — Die Architektur des Baumes. — Der Laubsproß. — Dickenwachstum. — Wurzel. — Fortpflanzung. — Urwald. — Der Forst. — Schlußwort. — Sachverzeichnis.

33. Band: **Die Staaten der Ameisen**
Von **Wilhelm Goetsch**, Graz. Zweite, ergänzte Auflage. 6.—11. Tausend. Mit 85 Abbildungen. VIII, 152 Seiten. 1953. Ganzleinen DM 7.80

Inhaltsübersicht: Körperform der Ameisen. — Eier, Larven und Puppen. — Kasten und Stände. — Hochzeitsflug und Staatenbildung. — Staatsfremde und Staatsfeinde. — Krieg und Jagd. — Behausung und Verpflegung. — Kornkammern und Pilzgärten. — Blattlauszucht und Blütenbesuch. — Vorstoß und Rückweg. — Erkennen und Verständigen. — Körperform und Arbeitsteilung. — Die geistigen Fähigkeiten. — Die Entstehung der Soldaten. — Bestimmung des Geschlechts. — Erscheinungsbild und Rassenerbe. — Jahresablauf und Schicksal. — Anhang: Schriftenverzeichnis und Bekämpfungsmittel.

35. Band: **Sichtbares und unsichtbares Licht**
Von **Eduard Rüchardt**, München. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 137 Abbildungen. VIII, 168 Seiten. 1952. Ganzleinen DM 7.80

Inhaltsübersicht: Einleitung. — Die Lichtstrahlen, eine nützliche Fiktion. — Die Geschwindigkeit des Lichtes. — Die Beugung des Lichtes. — Interferenz. — Anwendungen der Interferenz und Beugung. — Polarisation und Doppelbrechung. — Lichtzerstreuung, trübe Stoffe und das Himmelsblau. — Die Dispersion des Lichtes in den Körpern. — Zwei Arten unsichtbaren Lichtes. — Unsere Lichtquellen. — Etwas von dem, was uns die Spektrallinien erzählen. — Elektromagnetische Wellen. — Die Röntgenstrahlen, ein unsichtbares Licht. — Schluß. — Namen- und Sachverzeichnis.

37. Band: **Kleine Erdbebenkunde**
Von **Karl Jung**, Kiel. Zweite, verbesserte Auflage. 6.—11. Tausend. Mit 101 Abbildungen. V, 158 Seiten. 1953. Ganzleinen DM 7.80

Inhaltsübersicht: Erdbeben und ihre Bedeutung für Wissenschaft und Praxis. — Grundbegriffe der Erdbebenkunde. — Die Vorgänge im Schüttergebiet. — Natur und Ursache der Erdbeben. — Geographie der Erdbeben. — Die Aufzeichnung der Erdbeben. — Ausbreitung der Erdbebenwellen im tiefen Erdinnern. — Aufbau der Erdkruste nach Nahbeben und Großsprengungen. — Die Bodenunruhe. — Anwendungen der Erdbebenkunde. — Literatur- und Sachverzeichnis.

49. Band: **Ebbe und Flut des Meeres, der Atmosphäre und der Erdfeste**
Von **Albert Defant**, Innsbruck. 1.—6. Tausend. Mit 64 Abbildungen. VII, 119 Seiten. 1953. Ganzleinen DM 7.80

Inhaltsübersicht: Die Erscheinungen der Meeresgezeiten. — Die Beobachtung der Meeresgezeiten. — Die fluterzeugenden Kräfte. — Das Verhalten der Gewässer gegenüber den fluterzeugenden Kräften. — Erklärung der Gezeitenentstehung. — Die Gezeiten in natürlichen Gewässern. — Interne Wellen und interne Gezeiten. — Die Gezeitenschwingungen der Atmosphäre und Ionosphäre. — Die Gezeiten des festen Erdkörpers. — Namen- und Sachverzeichnis.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Diesem Heft liegt ein Prospekt des Springer-Verlages, Berlin - Göttingen - Heidelberg, bei.